



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

ESTUDI DEL RETARD ACOMODATIU. CONCORDANÇA I REPETIBILITAT DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS TÈCNIQUES DE VALORACIÓ

HELENA BLANCH SABATÉ

ELVIRA PERIS MARCH
MARÍA ROSA BORRÀS GARCIA
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

DATA DE LECTURA

01/06/2016



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Sr. Elvira Peris March com a tutora del treball i la Sra. María Rosa Borràs Garcia com a directora del treball

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Helena Blanch Sabaté ha realitzat sota la seva supervisió el treball ESTUDI DEL RETARD ACOMODATIU. CONCORDANÇA I REPETIBILITAT ENTRE DIFERENTS TÈCNIQUES DE VALORACIÓ que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signen aquest certificat.

Sra. Elvira Peris March
Tutor/a del treball

Sra. María Rosa Borràs Garcia
Director/a del treball

Terrassa, 12 de maig de 2016



AGRAÏMENTS

Després de moltes hores d'esforç i dedicació, arriba el moment de donar les gràcies a totes aquelles persones que, d'una forma o altra, han fet possible la realització d'aquest treball.

Primerament, donar les gràcies a les meves tutores, Elvira Peris i Rosa Borràs, per oferir-me el tema de l'estudi, pel suport, l'orientació i la confiança mostrada al llarg de tota la realització del treball.

També agrair a la meva família pel seu suport incondicional en tot moment, no només durant aquests mesos sinó al llarg de tots els anys d'estudi.

A tots els voluntaris que es van oferir per a la realització de la part pràctica, ja que sense ells no hauria estat possible la presa de mesures.

A tots els amics i companys per ajudar-me i donar-me forces en els moments més difícils.

A tots ells:

Moltes gràcies!

Helena Blanch Sabaté



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDI DEL RETARD ACOMODATIU. CONCORDANÇA I REPETIBILITAT DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS TÈCNIQUES DE VALORACIÓ

RESUM

Objectiu: estudiar la concordança de resultats entre diferents mètodes i la repetibilitat de les tècniques retinoscòpiques habituals en l'atenció clínica per determinar la resposta acomodativa a través de la retinoscòpia i de l'autorefractòmetre de camp obert.

Mètode: es van avaluar 30 pacients d'edats compreses entre els 18 i 25 anys i se'ls va citar en dues sessions. Les proves clíniques utilitzades per determinar el retard acomodatiu van ser el mètode d'estimació monocular (MEM), el Nott i l'autorefractòmetre de camp obert (WAM).

Resultats: l'anàlisi dels resultats mostra que el valor mig de retard per a cada mètode és de $+0,40 \pm 0,25$ DE per al Nott, $+0,51 \pm 0,36$ DE per al MEM, de $+1,21 \pm 0,63$ DE per al WAM amb esfera i de $+0,75 \pm 0,66$ DE per al WAM amb equivalent esfèric. Al comparar les diferents tècniques entre elles trobem les següents diferències expressades en diòptries: entre el Nott i el MEM de $0,11 \pm 0,13$ ($p=1,00$), entre el Nott i el WAM amb esfera de $0,78 \pm 0,13$ ($p=0,00$), entre el Nott i el WAM amb equivalent esfèric de $0,26 \pm 0,13$ ($p=0,26$), entre el MEM i el WAM esfera de $0,66 \pm 0,13$ ($p=0,00$), entre el MEM i el WAM amb equivalent esfèric de $0,15 \pm 0,13$ ($p=1,00$) i entre el WAM esfera i el WAM equivalent esfèric de $0,51 \pm 0,13$ ($p=0,00$). L'efecte de l'examinador no és significatiu (diferències de $0,15$ DE i $p=0,82$ per al Nott i de $0,18$ DE i $p=0,52$ per al MEM); tampoc són significatives les diferències entre les sessions (diferències en tots els casos inferior a $0,1$ DE i amb $p>0,50$).

Conclusions: la millor concordança entre mètodes es troba entre el MEM i el Nott i la pitjor concordança es dona entre l'autorefractòmetre i les tècniques retinoscòpiques. Tots els mètodes estudiats mostren bona repetibilitat.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDIO DEL RETARDO ACOMODATIVO. CONCORDANCIA Y REPETITIVIDAD DE RESULTADOS ENTRE DISTINTAS TÉCNICAS DE VALORACIÓN

RESUMEN

Objetivo: estudiar la concordancia de resultados entre diferentes métodos y la repetitividad de las técnicas retinoscópicas habituales en la atención clínica para determinar la respuesta acomodativa a través de la retinoscopia y del autorefractómetro de campo abierto.

Método: se evaluaron 30 pacientes de edades comprendidas entre los 18 y 25 años y se los citó en dos sesiones. Las pruebas clínicas para determinar el retardo acomodativo fueron el método de estimación monocular (MEM), el Nott y el autorefractómetro de campo abierto (WAM).

Resultados: el análisis de los resultados muestra que el valor promedio del retardo para cada método es de $+0,40 \pm 0,25$ DE para el Nott, de $+0,51 \pm 0,36$ DE para el MEM, de $+1,21 \pm 0,63$ DE para el WAM con esfera y de $+0,75 \pm 0,66$ DE para el WAM con equivalente esférico. Al comparar las diferentes técnicas entre ellas encontramos las siguientes diferencias expresadas en dioptrías: entre el Nott y el MEM de $0,11 \pm 0,13$ ($p=1,00$), entre el Nott y el WAM esfera de $0,78 \pm 0,13$ ($p=0,00$), entre el Nott y el WAM equivalente esférico de $0,26 \pm 0,13$ ($p=0,26$), entre el MEM y el WAM esfera de $0,66 \pm 0,13$ ($p=0,00$) entre el MEM y el WAM equivalente esférico de $0,15 \pm 0,13$ ($p=1,00$) y entre el WAM esfera y el WAM equivalente esférico de $0,51 \pm 0,13$ ($p=0,00$). El efecto del examinador no es significativo (diferencias de $0,15$ DE y $p=0,82$ para el Nott y de $0,18$ DE y $p=0,52$ para el MEM); tampoco son significativas las diferencias entre sesiones (diferencias en todos los casos menores a $0,1$ DE y $p>0,50$).

Conclusiones: la mejor concordancia entre métodos se encuentra en el MEM y el Nott y la peor concordancia es entre el autorefractómetro y las técnicas retinoscópicas. Todos los métodos estudiados muestran buena repetitividad.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

STUDY OF ACCOMMODATIVE LAG. AGREEMENT AND REPEATABILITY OF RESULTS BETWEEN DIFFERENT VALUATION TECHNIQUES

ABSTRACT

Objective: study the correlation of results between different methods and the repeatability of the retinoscopy techniques in usual clinical care to determine the accommodative response through retinoscopy and open field auto refractor.

Methods: it evaluated 30 patients which were 18 and 25 years old and it appointed them in two sessions. Clinical test to determine the accommodative lag were Monocular Estimate Method (MEM), Nott and open field auto refractor.

Results: The analysis of results shows that the average value for each method is $+0,42 \pm 0,25$ DE for Nott, $+0,51 \pm 0,36$ DE for MEM, $+1,21 \pm 0,63$ DE for WAM sphere and $+0,75 \pm 0,66$ DE for WAM spherical equivalent. To compare different techniques among them are the following differences expressed in diopters: between Nott and MEM $0,11 \pm 0,13$ ($p=1,00$), between Nott and WAM sphere $0,78 \pm 0,13$ ($p=0,00$), between Nott and WAM spherical equivalent $0,26 \pm 0,13$ ($p=0,26$), between MEM and WAM sphere $0,66 \pm 0,13$ ($p=0,00$), between MEM and WAM spherical equivalent $0,15 \pm 0,13$ ($p=1,00$) and between WAM sphere and WAM spherical equivalent $0,51 \pm 0,13$ ($p=0,00$). The effect of the examiner is not significant (differences $0,15$ DE and $p = 0,82$ for Nott and $0,18$ DE and $p = 0,52$ for MEM); are no significant differences between sessions (differences in all cases less than $0,1$ and a $p > 0,50$).

Conclusions: the best agreement between methods is in the MEM and Nott and the worst agreement is between open field auto refractor and retinoscopy techniques. All methods studied show good repeatability.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

STUDY OF ACCOMMODATIVE LAG. CONCORDANCE AND REPEATABILITY OF RESULTS BETWEEN DIFFERENT VALUATION TECHNIQUES

SUMMARY

In this project we study what is accommodation, which methods to measure it, mainly the accommodative lag and we explain the methodology for realized this methods. Finally, we obtain different conclusions about what methods can be exchanged and which are not.

Accommodation

Accommodation is the capacity of the eye to change quickly and effectively the refractive power of the crystalline lens and it can focus images of objects that are at different distances.

In the accommodation process participated crystalline lens, the fibres of the Zonules of Zinn and the ciliary muscle.

The crystalline has a capsule, the curvature of which is greater at the rear face than in the previous, 6mm and 10mm respectively. The fibres of the zonules of Zinn inserted in the equator of the crystalline and connecting this lens to the ciliary body.

The ciliary muscle contraction decreases the tension of the fibres of zonular by varying the radius of curvature of the anterior surface. Due to this change of curvature increased dioptric power of the eye (accommodation).

When de ciliary muscle relaxes, the lens becomes flatter and decreases the dioptric power of the eye (des-accommodation).

Accommodative lag

One of the techniques to valuation the accommodation is the accommodative lag. Accommodative lag is the difference between the real accommodative response and the theorist to specific distance (expressed in dioptries). Schor in 1999 proposed that the size of the lag is dependent on a number of factors including refractive error, heterophoria and depth of focus. Expected normal values for this test are $+0,25/+0,75\text{DE}$.

There are different techniques to evaluate the accommodative lag, for example Monocular Estimate Method (MEM), Nott, binocular crossed cylinder test and open field auto refractor.

On the one hand MEM, Nott and open field are objective methods, in other words that not required patient cooperation and in the other hand binocular crossed cylinder method is a subjective method.

Repeatability and concordance

The repeatability represent the measure methods capacity for produce the same or similar results all the times that the test has been realized in the same conditions.

In a clinical measure, there are three fonts of variability. In the first place there is variability of the subject; in the second place the variability of the instrument or measurement and finally the variability of the examiner.

In concordance studies useful to purchase a new techniques with another already being used. It is important check that both techniques have a sufficient degree of agreement that the new technique to replace the old. It is necessary that the new has got advantages over the other, for example cheapest, faster...

Aim of the study

The aim of this study is to make a research about the repeatability between examiners and intra-subjects and also research the concordance between the different valuation techniques to measure the accommodative lag. Evaluation enter-examiners will allow us to know the variability of the measurements induced by the examiner and the intra-subjects analysis will allow us to know what the variability of the measurements by the patient induced.

There are different methods to evaluate this lag, but in this study only used three; one is the Monocular Estimate Method (MEM), other is Nott and the last is open field auto refractor.

Methodology

In this study participated 30 volunteers, both men and women, which were 18 and 25 years old. All these subjects fell into the criteria that were established in this study: monocular visual acuity (AV) ≥ 1 with its correction, compensated refractive defect $< \pm 6,00$ spherical dioptres, astigmatism $< -3,00D$, did not ocular diseases and nor surgical intervention.

All subjects appointed in two sessions to know the measurement of variability induced by examiners and the patients. The time interval between one session and the other was up to one week and two days at least. In the first session the measures were taken by a single examiner and in the second session by two examiners; the second examiner only performed objective tests (MEM and Nott) because the values obtained with the auto refractor not depend on the examiner but only depends on the subject of the study.

The three methods were performed randomized to the following order no to skew the results; in the same way, the order of which eye it was also examined first was random.

Results

The analysis of results shows that the average value for each method is $+0,42 \pm 0,25DE$ for Nott, $+0,51 \pm 0,36DE$ for MEM, $+1,21 \pm 0,63DE$ for WAM sphere and $+0,75 \pm 0,66DE$ for WAM spherical equivalent. To compare different techniques among them are the following differences expressed in diopters: between Nott and MEM $0,11 \pm 0,13$ ($p=1,00$), between Nott and WAM sphere $0,78 \pm 0,13$ ($p=0,00$), between Nott and WAM spherical equivalent $0,26 \pm 0,13$ ($p=0,26$), between MEM and WAM sphere $0,66 \pm 0,13$ ($p=0,00$), between MEM and WAM spherical equivalent $0,15 \pm 0,13$ ($p=1,00$) and between WAM sphere and WAM spherical equivalent $0,51 \pm 0,13$ ($p=0,00$). The effect of the examiner is not significant (differences $0,15DE$ and $p = 0.82$ for Nott and $0,18DE$ and $p = 0.52$ for MEM); are no significant differences between sessions (differences in all cases less than 0.1 and a $p > 0.50$).

Conclusions

The best agreement between methods is in the MEM and Nott and the worst agreement is between open field auto refractor and retinoscopy techniques. All methods studied show good repeatability. The results of the accommodative lag with methods Nott and MEM not vary when different examiners evaluated, provided the methodology and the test environment are the same and it results show stability to be examined on different days as long as the methodology and the test environment are the same.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
2. RESPOSTA ACOMODATIVA	2
2.1- Característiques clíniques de l'acomodació	2
2.2- Prova de l'existència de l'acomodació	3
2.3- Mecanisme d'acomodació	4
2.4- Mesura de la capacitat acomodativa	5
2.5- Retard acomodatiu	8
2.6- Mètodes de mesura del retard acomodatiu	9
2.6-1. Mètode MEM	9
2.6-2. Mètode Nott	11
2.6-3. Cilindres creuats fixes	12
2.6-4. Autorefractòmetre de camp obert	13
2.7- Disfuncions acomodatives	15
2.7-1. Excés acomodatiu (EA)	15
2.7-2. Insuficiència acomodativa (IA)	16
2.7-3. Inflexibilitat d'acomodació	16
2.8- Repetibilitat i concordança	17
2.8-1. Estudis previs	18
3. OBJECTIUS DEL TREBALL	21
4. METODOLOGIA	22
4.1- Disseny de l'estudi	22
4.2- Selecció de la mostra	22
4.3- Instrumentació	23
4.4- Protocol de mesures	26
4.5- Principis ètics	29

5. RESULTATS	30
5.1- Tractament de dades	30
5.2- Descriptius de la mostra	32
5.3- Anàlisi descriptiu de les variables	33
5.4- Comparació de resultats	34
5.4-1. Comparativa UD i UE	34
5.4-2. Estudis de repetibilitat	35
5.4-3. Estudi de la concordança entre mètodes	37
6. DISCUSSIÓ	43
6.1- Concordança de mètodes	43
6.2- Repetibilitat de la tècnica	45
7. CONCLUSIONS	47
8. BIBLIOGRAFIA	48

ÍNDEX D'ANNEXOS

Annex 1. Consentiment informat.

Annex 2. Full d'anotació de resultats.

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 2.1. Recorregut d'acomodació (Ac: acomodació; PP: punt pròxim; PR: punt remot).

Figura 2.2. Demostració de l'existència de l'acomodació: a) quan s'enfoca un objecte llunyà a través del disc de Scheiner, un objecte pròxim es veurà borrós i doble; b) quan s'enfoca sobre un objecte proper, l'objecte llunyà es veurà borrós i doble.

Figura 2.3. Modificacions morfològiques en l'acomodació. Meitat superior de la figura: en l'acomodació el cristal·lí es torna cada vegada més globular, amb especial augment de la curvatura anterior. El múscul ciliar es desplaça cap endavant, la càmera anterior es torna més plana. Els objectes (línia contínua) formen una imatge nítida sobre la retina. Meitat inferior de la figura: amb el cos ciliar relaxat, els raigs paral·lels (línia discontinua) es reuneixen en la retina (no hi ha acomodació). Els objectes llunyans formen una imatge nítida sobre la retina.

Figura 2.4. Representació del retard acomodatiu.

Figura 2.5. Retinoscopi i optotip per al MEM.

Figura 2.6. Realització del mètode Nott.

Figura 2.7. Autorefractòmetre binocular de camp obert; WAM-5500.

Figura 4.1. Test per al MEM enganxat al retinoscopi.

Figura 4.2. Retinoscopi i caixa de lents de prova.

Figura 4.3. Optotip específic per a la retinoscòpia Nott.

Figura 4.4. Autorefractòmetre de camp obert (WAM-5500).

Figura 4.5. Optotip per VL: creu de malta.

Figura 4.6. Optotip per VP.

Figura 4.7. Realització del mètode MEM. a) examinador mirant el tipus de reflex interpupil·lar; b) neutralització del reflex amb lents esfèriques.

Figura 4.8. Examinador variant la seva distància respecte el pacient fins neutralitzar el reflex interpupil·lar.

Figura 4.9. Posició del pacient i el test per mesurar l'error refractiu de forma subjectiva. a) mesura de l'error refractiu en VP; b) mesura de l'error refractiu en VL.

ÍNDEX DE TAULES

Taula 2.1. Valors de normalitat de l'amplitud relativa en funció de l'edat.

Taula 2.2. Valors de normalitat de la flexibilitat acomodativa.

Taula 5.1. Descriptiu de la base de dades.

Taula 5.2. Distribució de la variable retard.

Taula 5.3. Mitjana, desviació estàndard i valor mínim i màxim per cadascun dels mètodes utilitzats.

Taula 5.4. Diferències en els resultats entre ambdós ulls i el valor de significació.

Taula 5.5. Diferències obtingudes entre la primera i la segona sessió i el valor de significació de la diferència.

Taula 5.6. Diferències dels resultats obtinguts entre els diferents examinadors i el valor de la significació de la diferència.

Taula 5.7. Comparació de mètodes.

Taula 5.8. Valors de correlació de Pearson i valors de significació.

ÍNDEX DE GRÀFICS

Gràfic 2.1. Amplitud d'acomodació (en diòptries) en funció de l'edat.

Gràfic 5.1. Descriptiu del sexe de la mostra total.

Gràfic 5.2. Relació entre el valor del retard acomodatiu i la freqüència per a cada mètode de mesura.

Gràfic 5.3. Representació del valor màxim, mínim i mitjà obtingut en cada mètode.

Gràfic 5.4. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) Correlació entre el mètode Nott i el MEM; b) Correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el WAM amb esfera.

Gràfic 5.5. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) Correlació entre el WAM amb esfera i el Nott; b) Correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el Nott.

Gràfic 5.6. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) Correlació entre el WAM amb esfera i el MEM; b) Correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el MEM.

ÍNDEX DE FÓRMULES

Fórmula 2.1. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu (en diòptries) amb el mètode Nott si l'estímul es troba a 40cm.

Fórmula 2.2. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu a partir de les dades de l'autorefractòmetre.

Fórmula 2.3. Fórmula per obtenir l'equivalent esfèric.

Fórmula 2.4. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu a partir de les dades de l'equivalent esfèric.

1. INTRODUCCIÓ

Tenir una bona visió no només implica veure-hi bé amb una bona agudesa visual tant de lluny com de prop, sinó que és necessari que els ulls es moguin correctament, que cap estigui desviat per tal de fusionar les imatges que percebem i que el sistema visual tingui suficient capacitat per veure nítids els objectes situats a diferents distàncies. Tots aquests aspectes han de ser revisats per l'optometrista en qualsevol visita rutinària.

En aquest treball s'estudiarà l'acomodació, que és la capacitat que té el globus ocular de variar de manera ràpida i eficaç el poder refractiu del cristal·lí i així enfocar automàticament les imatges dels objectes que es troben situats a diferents distàncies; de les diferents habilitats relacionades amb l'acomodació s'estudiarà el retard acomodatiu. Un objecte situat a una distància propera indueix un estímul acomodatiu concret que es calcula com la inversa de la distància, en metres, a la qual es troba de l'ull i s'expressa en diòptries. Davant aquest estímul acomodatiu, el sistema visual té la capacitat de donar resposta acomodativa que pot ser igual, més gran o inferior a la demanda acomodativa provocada. Quan la resposta acomodativa és menor que l'estímul es parla de retard acomodatiu.

Partint del coneixement sobre què és el retard acomodatiu i de les diverses tècniques utilitzades clínicament, es realitzarà una part experimental per tal de valorar la seva repetibilitat, així com també si hi ha concordança de resultats entre elles.

Per finalitzar, es compararan els resultats de l'estudi amb els obtinguts per altres autors en estudis previs.

2. RESPOSTA ACOMODATIVA

En aquest apartat es tractaran conceptes teòrics relacionats amb l'acomodació, per exemple com es va comprovar l'existència de l'acomodació, també quin és el mecanisme que segueix el sistema visual per acomodar i les diferents proves d'acomodació, principalment el retard acomodatiu, que es realitzen en l'examen optomètric.

2.1- Característiques clíniques de l'acomodació

L'acomodació és la capacitat que té el globus ocular de variar de manera ràpida i eficaç el poder refractiu del cristal·lí i així poder enfocar automàticament les imatges dels objectes que es troben situats a diferents distàncies (*Figura 2.1*).

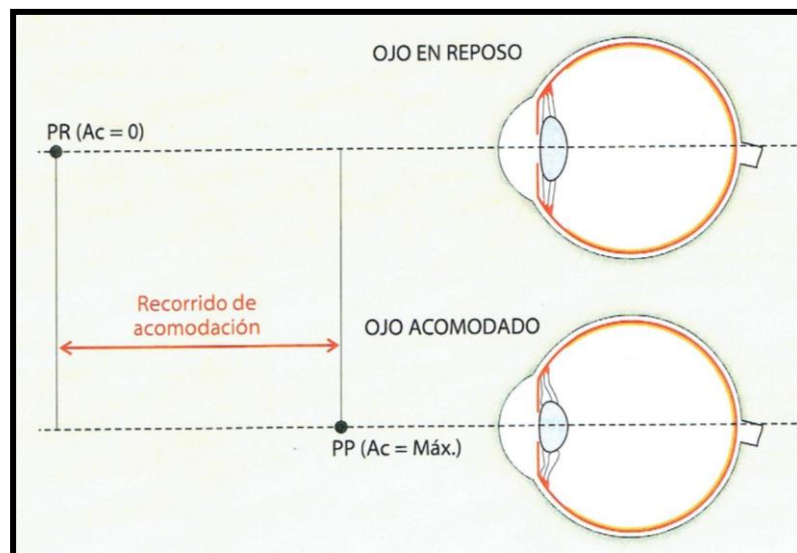


Figura 2.1. Recorregut d'acomodació (Ac: acomodació; PP: punt proper; PR: punt remot)¹⁷.

Quan s'inicia el mecanisme d'acomodació, s'activa la tríada proximal. Aquest fenomen està constituït per l'acció de l'acomodació, la convergència ocular cap al punt proper a observar i la miosis (contracció pupil·lar); aquesta activitat es produeix gràcies a la innervació parasimpàtica produïda pel nucli d'Edinger-Westphal²⁴. Aquest mateix nucli fa arribar impulsos nerviosos als músculs extraoculars innervats pel III, IV i VI parell cranial gràcies a que els seus axons tenen origen als nuclis motors del tronc encefàlic²⁴. D'aquesta forma es pot explicar la convergència present durant l'acomodació.

Al observar un estímul pròxim amb els dos ulls oberts es genera el procés d'acomodació, produint una resposta acomodativa, de convergència i de miosi pupil·lar. La borrositat percebuda de l'objecte a enfocar és la senyal que activa al mecanisme d'acomodació, produint la contracció del múscul ciliar i l'augment del poder diòptric del cristal·lí.

2.2- Prova de l'existència de l'acomodació

Abans del segle XVII encara no se sabia si era necessari que l'ull modifiqués la seva potència focal per tal d'observar objectes situats a diferents distàncies. Però al 1619, *Christopher Scheiner* va utilitzar una targeta amb dos forats estenopeics o disc de Scheiner per tal de demostrar que l'ull experimentava una modificació de la seva potència (*Moses, 1975*). *Scheiner* va comprovar que si se separaven els dos forats una distància menor que el diàmetre pupil·lar, la imatge d'un objecte que no queda enfocada sobre la retina, es veurà amb diplopia (doble); en canvi, la imatge d'un objecte que sí és enfocada sobre la retina es veurà simple.

Si es mira un objecte llunyà a través del disc de Scheiner aquest es veu simple i nítid però si s'interposa en la línia de visió pròxima un objecte petit, com per exemple, una agulla, aquest es percebrà borrós i doble (*Figura 2.2*). Si tot seguit es passa a mirar l'objecte petit situat en la línia de visió pròxima, aquest serà vist de manera simple i nítida mentre que l'objecte llunyà es veurà borrós i doble.

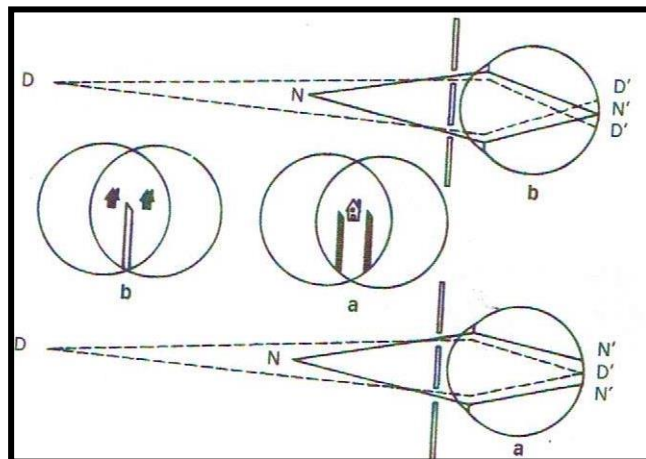


Figura 2.2. Demostració de l'existència de l'acomodació:

a) quan s'enfoca un objecte llunyà a través del disc de Scheiner, un objecte pròxim es veurà borrós i doble; b) quan s'enfoca sobre un objecte proper, l'objecte llunyà es veurà borrós i doble¹⁴.

L'experiment realitzat per *Scheiner* va demostrar que:

- Els objectes pròxims i els llunyans no es poden enfocar de forma simultània sobre la retina.
- És necessari un canvi de la potència diòptrica de l'ull per veure nítidament els objectes situats a diferents distàncies.

Després de realitzar el seu estudi, *Scheiner* no va acabar de comprendre de quina forma l'ull podia variar la seva potència diòptrica.

Al 1801 *Thomas Young* va ser el que va demostrar que el responsable de la variació de la potència diòptrica (acomodació/desacomodació) era el cristal·lí. *Young* va assenyalar que l'acomodació no es podia produir variant la potència refractiva de la còrnia ni tampoc variant la longitud axial de l'ull. Per demostrar que l'encarregat de l'acomodació era el cristal·lí i no la còrnia va submergir l'ull en aigua fins a neutralitzar la refracció de la còrnia; un cop estava neutralitzada va poder comprovar que encara es produïa certa acomodació. Després va voler demostrar que la variació de la longitud axial de l'ull tampoc n'era la responsable i va variar aquesta longitud apropant l'ull cap al nas i col·locant una clau darrera del pol posterior de l'ull. La presència de la clau darrera de la zona macular li va fer percebre un fòsfè de pressió, que és una taca brillant de llum causada per l'estimulació mecànica, elèctrica o magnètica de la retina. Va poder comprovar que quan acomodava un objecte proper, el fòsfè no variava de mida, la qual cosa significava que la longitud de l'ull tampoc canviava. Finalment va demostrar que el responsable era el cristal·lí ja que un ull afàquic (sense cristal·lí) era incapaç d'enfocar un objecte pròxim.

2.3- Mecanisme d'acomodació

En el procés d'acomodació participen el cristal·lí, les fibres de la zònula de Zinn i el múscul ciliar (*Figura 2.3*).

El cristal·lí està format per una sèrie de proteïnes solubles, les quals es troben dins d'una càpsula fina i elàstica; la curvatura posterior d'aquesta càpsula és major que la curvatura anterior, 6mm i 10mm respectivament. El cristal·lí assumeix una forma esfèrica a causa de l'elasticitat intrínseca de la càpsula¹⁶.

Les fibres de la zònula de Zinn s'insereixen en tota la circumferència de l'equador del cristal·lí i uneixen el cristal·lí amb el cos ciliar. Gràcies a aquesta unió, el cristal·lí es manté en una posició estable¹⁶.

La contracció del múscul ciliar fa disminuir la tensió de les fibres de la zònula fent que es modifiqui el radi de curvatura de la superfície anterior. Degut a aquest canvi de curvatura es produeix un augment del poder diòptric i el focus de l'ull es desplaça cap a la visió propera fent que s'aconsegueixi veure nítidament els objectes propers (acomodació)¹⁶.

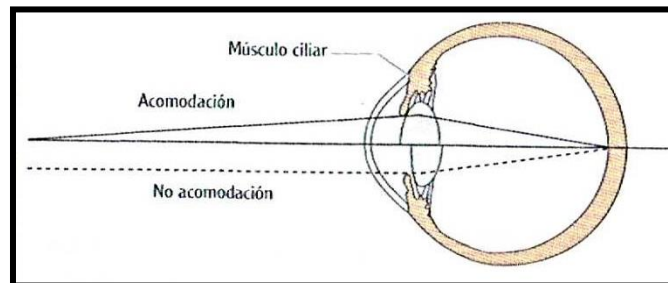


Figura 2.3. Modificacions morfològiques en l'acomodació.

Meitat superior de la figura: en l'acomodació el cristallí es torna cada vegada més globular, amb especial augment de la curvatura anterior. El múscul ciliar es desplaça cap endavant i la cambra anterior es torna més plana. Els objectes (línia contínua) formen una imatge nítida sobre la retina.

Meitat inferior de la figura: amb el cos ciliar relaxat, els raigs paral·lels (línia discontinua) es reuneixen en la retina (no hi ha acomodació). Els objectes llunyans formen una imatge nítida sobre la retina¹⁶.

Quan el múscul ciliar es relaxa es reforça la tracció sobre el cristallí i aquest es fa més pla; com a conseqüència d'això el poder de refracció disminueix i el focus de l'ull torna cap a la visió llunyana, fent que es vegin de forma nítida els objectes llunyans (desacomodació).

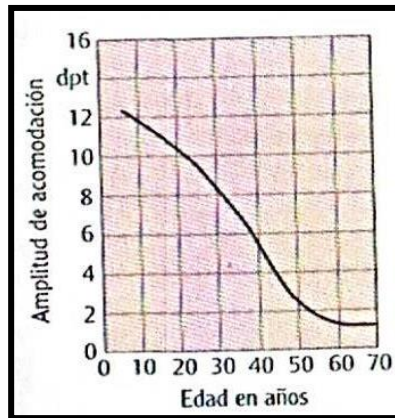
2.4- Mesura de la capacitat acomodativa

Existeixen diferents proves per mesurar la capacitat acomodativa. Aquestes es poden classificar en exàmens quantitatius, els quals permeten determinar la màxima capacitat del sistema acomodatiu per mantenir nítid un text, ja sigui estimulants o relaxants l'acomodació, i en exàmens qualitius els quals informen de la capacitat de desenvolupar l'acomodació de forma confortable i eficaç en funció de la demanda (distància) i del temps d'ús de l'acomodació. En són un exemple dels exàmens quantitatius l'amplitud d'acomodació i l'amplitud relativa positiva (acomodació) i negativa (desacomodació), i en els exàmens quantitatius comptem amb la flexibilitat acomodativa i amb el retard acomodatiu.

- **L'amplitud d'acomodació**

Entenem que l'amplitud d'acomodació és la màxima quantitat d'acomodació que el sistema visual és capaç de realitzar; aquesta quantitat d'acomodació serà la que permetrà a l'ull enfocar el punt pròxim. També es pot definir l'amplitud d'acomodació com la diferència, expressada en diòptries, entre el punt remot i el punt pròxim d'acomodació. El punt remot (PR) és la distància més allunyada en la que el subjecte encara és capaç de percebre de forma nítida l'objecte d'interès; per contra, el punt pròxim d'acomodació (PPA) és la distància més propera a la que es pot mantenir visió nítida.

L'amplitud d'acomodació depèn de l'edat, així tenim que al néixer l'amplitud d'acomodació és d'aproximadament 12D i aquesta va disminuint progressivament amb l'edat fins arribar a unes 3D a partir dels 40 anys, moment en que apareix la presbícia o vista cansada i l'usuari necessita una compensació òptica per poder veure de forma nítida els objectes propers (Goersch,1987). (Gràfic 2.1) El fet que l'amplitud acomodativa vagi disminuint amb l'edat és causa de que el cristal·lí va perdent elasticitat fent que no pugui enfocar a totes les distàncies necessàries.



Gràfic 2.1. Amplitud d'acomodació (en diòptries) en funció de l'edat¹⁶.

- **L'amplitud relativa d'acomodació**

És una prova dissenyada per avaluar la capacitat d'estimular i relaxar l'acomodació en condicions binoculars deixant constant la convergència. N'hi ha de dos tipus:

- **Amplitud relativa negativa (ARN):** es mesura amb lents positives les quals tenen la funció de relaxar l'acomodació i, per tant, es produeix divergència. El pacient haurà de fer un esforç de convergència per mantenir la imatge del test, situat a 40cm respecte el pacient, de forma nítida i simple.
- **Amplitud relativa positiva (ARP):** es mesura amb lents negatives; aquestes estimulen l'acomodació i es produeix convergència. El pacient ha de fer un esforç de divergència per poder veure la imatge del test de forma simple i nítida.

Els valors de normalitat esperats en aquesta prova són els següents: (Taula 2.1)

ARN	ARP		
	20 anys	30 anys	40 anys
+2,25 D / +2,50 D	-4,50 D / -5,00 D	-3,50 D	-2,50 D

Taula 2.1. Valors de normalitat de l'amplitud relativa en funció de l'edat²⁸.

- **Flexibilitat d'acomodació**

L'objectiu de la flexibilitat d'acomodació és valorar l'habilitat del sistema visual de realitzar canvis acomodatius de forma ràpida i eficaç. Aquesta prova es pot realitzar de forma monocular (UD/UE) i binocularment. Quan l'examen es realitza monocularment podem conèixer la capacitat que té el sistema visual per realitzar canvis severs i ràpids exclusivament de l'acomodació, i quan l'examen es realitza binocularment, ens informa sobre l'acomodació i la convergència fusional de forma simultània. Per a la realització d'aquesta prova s'utilitzen lents *flippers* amb lents esfèriques; per visió llunyana s'utilitza un *flipper* de -2,00/neutre (DE) i de $\pm 2,00$ DE quan es valora la flexibilitat en visió pròxima. S'utilitza un optotip d'agudesa visual de la unitat o una línia menor a una distància de 40cm per visió propera i de 6m per visió llunyana i es comptabilitzen els cicles aconseguits durant 1 minut. Es considera un cicle el que tarda el pacient en aclarir el test amb la lent positiva i negativa per a VP i el que tarda en aclarir-lo amb la lent positiva i sense lent per VL.

La prova, primerament es realitza de forma binocular, i en cas d'estar alterada es realitza monocularment ja que una resposta normal de forma binocular ens indica que hi ha un bon funcionament tant de l'acomodació com de la visió binocular.

Els valors de normalitat són iguals per VL que per VP però varien si la prova es realitza de forma monocular o binocular, sent aquest últim un valor més baix; això s'explica perquè durant la mesura binocular, el canvi de vergència acomodativa que es produeix s'ha de compensar per un canvi igual en la vergència fusional oposada. En canvi, en la mesura monocular només varia la demanda acomodativa però no la demanda de vergència fusional² (Taula 2.2).

	MONOCULAR	BINOCULAR
VL	≥ 12 cpm	≥ 9 cpm
VP	≥ 12 cpm	≥ 9 cpm

Taula 2.2. Valors de normalitat de la flexibilitat acomodativa²⁸.

2.5- Retard acomodatiu

El retard d'acomodació també s'anomena resposta acomodativa o acceptació de positius en visió propera (VP) i es pot determinar de forma objectiva o subjectiva⁶. La mesura del retard de l'acomodació és la diferència que hi ha entre la resposta acomodativa real i la resposta acomodativa teòrica esperada a una distància concreta, (Figura 2.4) expressat en diòptries (D). Generalment la resposta acomodativa obtinguda sol ser menor que la resposta acomodativa teòrica i per tant, el valors de normalitat d'aquesta prova solen ser positius (hipo-acomodació); en cas que s'obtingués un valor de retard acomodatiu negatiu significaria que hi ha híper-acomodació.

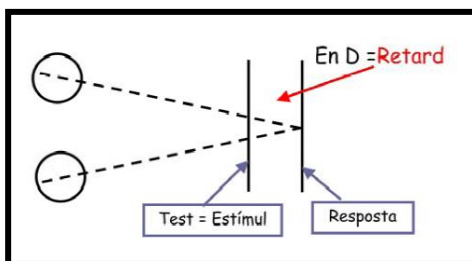


Figura 2.4. Representació del retard acomodatiu²⁸.

Segons Schor, la resposta acomodativa depèn de factors com per exemple l'error refractiu, la fòria i la profunditat de focus²⁰. Els valors esperats en aquesta prova són de $+0,25/+0,75$ DE si la prova es realitza a 40cm¹⁷. Si la resposta acomodativa és baixa, és a dir, el retard acomodatiu és major o igual a $+1,00D$ s'associa a una hipermetropia o a presbícia sense compensar o hipocompensada, també a una insuficiència d'acomodació o a una endofòria en visió propera. En canvi, un retard acomodatiu negatiu o de $0D$ podria estar associat a una hipermetropia latent, a un excés d'acomodació, a un espasme acomodatiu o a una exofòria en visió pròxima¹⁷.

Si hi ha una diferència significativa de retard acomodatiu entre els dos ulls podria ser per la presència d'un desequilibri refractiu i/o acomodatiu entre ambdós ulls.

Per mesurar el retard acomodatiu a un pacient aquest ha de portar posada la seva correcció habitual.

2.6- Mètodes de mesura del retard acomodatiu

Tot seguit es comenten els diferents mètodes que permeten mesurar la resposta acomodativa.

2.6-1. Mètode MEM

El MEM és un mètode objectiu; és una prova monocular que es realitza en condicions binoculars i s'utilitza un test d'agudesa visual igual a la unitat, que es pot enganxar al capçal del retinoscopi (*Figura 2.5*); d'aquesta manera s'assegura que la posició de l'estímul sempre està en el mateix punt que l'instrument, a 40cm del pacient.



Figura 2.5. Retinoscopi i optotip per al MEM²⁸.

El pacient ha d'observar constantment el test amb els dos ulls i l'optometrista, situat a 40cm amb el retinoscopi i en posició de mirall pla, ha d'observar, interpretar i neutralitzar el reflex retinoscòpic de cada un dels ulls. Un cop observat el reflex, es poden donar tres situacions diferents:

- Si s'observa moviment directe s'ha d'afegir davant de l'ull observat una lent de +0,25DE i es comprova si amb aquesta lent ja s'observa punt neutre; en cas que no sigui així, es canvia la lent de +0,25DE per una de +0,50DE i es torna a comprovar si amb aquesta lent de major potència ja hi ha punt neutre o no. Això indica que la resposta acomodativa real és inferior a la resposta esperada; el retard acomodatiu serà positiu (hipoacomodació).
- Si s'observa moviment invers el procediment serà el mateix que en el cas anterior però utilitzant lents esfèriques negatives fins que es trobi punt neutre. Això indica que la resposta acomodativa és més alta a la esperada. El retard acomodatiu serà negatiu (hiperacomodació).
- Si no s'observa cap moviment significa que el pacient està acomodant sobre el test i que per tant no existeix retard acomodatiu.

Com l'objectiu d'aquesta prova és determinar la diferència entre la resposta acomodativa teòrica i la resposta acomodativa real del pacient, no es pot esperar a que el sistema visual reaccionï a la lent interposada davant de l'ull ja que s'estaria modificant la resposta acomodativa. Per evitar aquesta modificació, el temps màxim que es pot deixar la lent davant de l'ull és d'uns 0,5 segons⁴; aquest temps s'obté de la suma del temps de latència (temps que tarda el sistema visual a adonar-se que hi ha una lent davant de l'ull) més el temps de canvi acomodatiu (temps que tarda el sistema visual a reaccionar a la nova lent amb un canvi d'acomodació). S'utilitzen lents de la caixa de prova ja que les del foròpter no permet fer aquesta prova amb tanta agilitat.

2.6-2. Mètode Nott

El Nott és un mètode objectiu. Per aquesta prova s'utilitza un test específic que se situa a 40cm del pacient i s'ha de mantenir fix en la mateixa posició al llarg de tota la prova; el test té forma quadrada on hi ha diferents lletres d'una AV de la unitat, i al mig del test hi ha un orifici per on l'examinador se situarà amb el retinoscopi i podrà observar fàcilment el reflex retinoscòpic del pacient. (Figura 2.6).



Figura 2.6. Realització del mètode Nott.

En aquesta prova també es poden obtenir tres situacions:

- **Moviment directe:** indica que la resposta acomodativa està per darrera de la posició de l'examinador (40cm); en aquest cas l'examinador amb el retinoscopi s'haurà de desplaçar cap enrere del test (>40cm), deixant fix el test a 40cm, fins ha observar punt neutre. Aquesta serà la posició on es mesurarà la resposta acomodativa del pacient. Per saber exactament quin és el retard amb diòptries, s'ha d'actuar de la manera següent: es mesura la distància des del pacient fins a la posició en que s'ha obtingut punt neutre, s'obté el poder diòptric corresponent, i es resta 2,5D que correspon a la distància passada a diòptries on està situat el test d'observació (40cm), el resultat obtingut correspon al valor del retard acomodatiu. (Fórmula 2.1)

$$Retard = 2,5 - \frac{1}{d(m)}$$

Fórmula 2.1. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu (en diòptries) amb el mètode Nott si l'estímul es troba a 40cm.

- **Moviment invers:** aquest és el cas en que el pacient acomoda més que la demanada, és a dir, està hiperacomodant. Es tracta d'un retard negatiu que no es pot quantificar amb aquest mètode ja que si l'examinador se situa davant del test per trobar el punt neutre, taparia l'estímul al pacient; per tant, en aquesta situació només es pot afirmar que el retard és negatiu però no es pot quantificar.
- **Punt neutre:** en aquest cas, a 40cm s'observarà punt neutre, la qual cosa significa que el pacient està acomodant sobre el test. Aquesta situació significa que no existeix retard ja que el pacient mostra una resposta acomodativa igual a l'estímul.

2.6-3. Cilindres creuats fixes

Aquest és un mètode subjectiu, és a dir, és necessària la col·laboració del pacient.

Aquest mètode es pot realitzar de forma monocular amb condicions binoculars i també de forma binocular amb la imatge fusionada i en tots dos casos la il·luminació de la sala per aquesta prova ha de ser elevada i principalment el test ha d'estar correctament il·luminat.

En el mètode monocular en condicions binoculars, a partir del resultat de l'examen subjectiu realitzat en visió llunyana en ambdós ulls, binocularment es col·loca un cilindre creuat fix amb l'eix negatiu situat a 90° al davant de cada ull. Tot seguit es dissocia amb $3\Delta BI$ a l'ull dret i $3\Delta BS$ a l'ull esquerre; el test que s'utilitza està format per línies verticals i horitzontals de color negre sobre un fons blanc i aquest es situa a 40cm del pacient; abans de començar la prova, s'hauran d'afegir $+1,00DE^6$.

L'optometrista li demanarà al pacient que observi el test superior (vist per l'UD) i li preguntarà que l'indiqui quines línies veu més fosques, si les horitzontals o les verticals; en funció de la resposta del pacient, s'haurà de seguir el següent procediment:

- Si el pacient indica que veu més fosques les línies horitzontals s'han d'afegir lents esfèriques positives als dos ulls fins que indiqui que veu igual de negres les línies horitzontal que les línies verticals.
- Si el pacient indica que veu més fosques les línies verticals s'ha de treure potència positiva de 0,25 en 0,25DE fins que indiqui que les veu igual de negres.

Posteriorment es repeteix el mateix procediment per a l'UE.

En el segon cas, en condicions binoculars amb imatge fusionada, el procediment és el següent: es col·loca un cilindre creuat de Jackson de $\pm 0,50$ DC de manera que l'eix negatiu quedi situat a 90° al davant de cada ull. Es situa el test a 40cm respecte del pacient i s'introdueix +3,00DE. En una persona prèsbita pot ser necessari incrementar 1,00DE mentre que en pacients joves es convenient reduir 0,75 o 1,00DE per tal de no veure la imatge tant borrosa¹⁷.

El procediment que haurà de seguir l'optometrista a l'hora d'esbrinar quines línies veu més negres és el mateix que en el cas anterior.

2.6-4. Autorefractòmetre de camp obert

Els autorefractòmetres són instruments destinats a mesurar de forma objectiva l'estat refractiu del pacient²⁷. Aquest instrument permet fer mesures entre $\pm 22,00$ DE (en passos de 0,25DE) , $\pm 10,00$ DC (en passos de 0,25DC) i des de 0° a 180° en passos d' 1° ; Els autorefractòmetres també poden mesurar altres paràmetres oculars com pot ser el diàmetre pupil·lar en passos de 0,1mm⁵.

En l'actualitat els autorefractòmetres més utilitzats són els autorefractòmetres binoculars de camp obert (*Figura 2.8*) els quals permeten al pacient poder observar optotips situats a diferents distàncies, la qual cosa permetrà la mesura de la seva resposta acomodativa.



Figura 2.7. Autorefractòmetre binocular de camp obert; WAM-5500.

Aquests autorefractòmetres ens permeten conèixer quin és el retard d'acomodació de la persona. La manera de procedir és la següent: es fa una mesura de l'error refractiu de visió llunyana i una mesura de la refracció en visió pròxima; l'instrument proporciona un resultat promig de refracció, ja que en cada mesura proporcionada per l'instrument aquest ha realitzat prèviament i de manera molt ràpida un total de 10 mesures en un temps de 2 segons⁵. Un cop obtingut el valor refractiu necessari en visió llunyana i el valor refractiu necessari en visió propera, podem conèixer el retard acomodatiu aplicant la fórmula següent: (*Fórmula 2.2*)

$$\text{Retard acomodatiu} = 2,5 + ESF_{VP} + ESF_{VL}$$

Fórmula 2.2. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu a partir de les dades de l'autorefractòmetre.

El valor 2,5 és el valor en diòptries corresponent a la distància que es fa la mesura de visió propera. Els altres dos components de la fórmula són el valor de l'esfera obtingut per l'autorefractòmetre en visió propera (VP) i en visió llunyana (VL).

En lloc de l'esfera també es pot utilitzar l'equivalent esfèric (EE). L'equivalent esfèric és la refracció esfèrica que conjuga la retina amb el centre de menor difusió del conoide de Sturm; per tant, l'equivalent esfèric és la potència diòptrica esfèrica que equivaldria a la zona d'aquest conoide en la qual la borrossitat projectada a la retina és menor, és a dir, la potència esfèrica amb la que el pacient amb astigmatisme aconseguiria millor agudes visual¹⁹. Per obtenir l'equivalent esfèric a partir del valor de la refracció, es divideix entre dos el valor del cilindre, amb el signe inclòs, i es suma al valor de l'esfera (*Fórmula 2.3*). L'equivalent esfèric es pot obtenir tant per visió llunyana com per visió pròxima.

$$EE = ESF + (CIL/2)$$

Fórmula 2.3. Fórmula per obtenir l'equivalent esfèric.

A partir de l'equivalent esfèric el retard acomodatiu es calcula igual que amb l'esfera però amb els valors d'aquest equivalent (*Fórmula 2.4*).

$$\text{Retard acomodatiu} = 2,5 + EE_{VP} + EE_{VL}$$

Fórmula 2.4. Fórmula per obtenir el retard acomodatiu a partir de les dades de l'equivalent esfèric.

El valor 2,5 és el valor en diòptries corresponent a la distància que es fa la mesura de visió propera. Els altres dos components de la fórmula són el valor de l'equivalent esfèric en visió propera (VP) i en visió llunyana (VL).

2.7- Disfuncions acomodatives

En moltes de ocasions, i no només quan ens anem fent grans, hi ha pacients que les seves habilitats acomodatives estan disminuïdes i presenten símptomes de desconfort visual. Els tipus de disfuncions acomodatives més freqüents són l'excés acomodatiu, la insuficiència acomodativa i la inflexibilitat d'acomodació.

2.7-1. Excés acomodatiu (EA)

És una condició en la que el pacient presenta dificultat o incapacitat per relaxar l'acomodació, principalment després d'estímul continu i sostingut en visió propera. Generalment sol anar associat a una insuficiència de convergència i a hipermetropia ja que l'individu necessitarà suplir les seves mancances i mantenir una visió binocular el més nítida possible.

La principal simptomatologia d'un EA és cansament i mal de cap quan es realitzen tasques de visió propera, visió borrosa ocasional en VL, picor d'ulls, incomoditat...

Les proves de l'examen de la funció acomodativa que es veuran alterades són l'ARN, la qual serà baixa, la flexibilitat d'acomodació també es veurà disminuïda ja que al pacient li costarà fer nítida la imatge amb lents positives, i el retard acomodatiu serà neutre o negatiu.

El millor tractament per a aquest tipus de disfunció és la teràpia visual per tal d'aprendre a relaxar l'acomodació.

2.7-2. Insuficiència acomodativa (IA)

La insuficiència d'acomodació és el cas contrari a l'EA; en aquest cas el potencial acomodatiu és inferior i insuficient a l'esperat per l'edat.

No és una disfunció molt freqüent en nens i la simptomatologia que té associada és visió borrosa en VP, mals de cap i cansament visual.

En les proves de l'examen optomètric que s'obtindrà un resultat anòmal són la flexibilitat acomodativa i l'ARP, les quals estaran disminuïdes, i el retard acomodatiu que serà molt positiu, la qual cosa significarà que el pacient està acomodant molt poc.

El millor tractament per a la IA és l'ús de lents positives i la realització de TV per tal d'augmentar el rang acomodatiu.

2.7-3. Inflexibilitat d'acomodació

En el cas de la inflexibilitat acomodativa el potencial d'acomodació és normal però hi ha certa dificultat per canviar el punt d'enfoc mantenint la nitidesa de la imatge, és a dir, en el canvi d'una distància a una altra es veurà borrós momentàniament.

El símptoma principal és la visió borrosa en alguna de les distàncies que s'han d'observar i mal de cap degut al gran esforç que això provoca. També és molt freqüent que hi hagi un baix rendiment escolar ja que com el nen ha de fer un gran esforç per veure nítides les imatges de les diferents distàncies (pissarra-llibre), pot arribar a perdre el ritme de la classe.

En aquesta disfunció les dos úniques proves que es veuran disminuïdes són l'amplitud acomodativa, tant la ARN com la ARP, i la flexibilitat d'acomodació en la que costaran les lents positives i també les negatives.

Per la inflexibilitat acomodativa el millor tractament és la teràpia visual la qual ajudarà a augmentar la flexibilitat d'acomodació.

2.8- Repetibilitat i concordança

La repetibilitat es refereix al grau en que es poden reproduir els resultats obtinguts per un procediment de mesura. Segons Muñiz² un instrument de mesura es considera repetible si les mesures que es fan amb ell no tenen errors; una prova serà repetible si cada vegada que es realitza als mateixos subjectes, el resultat és el mateix, dins dels marges de tolerància d'error.

En els estudis de repetibilitat és important seleccionar de forma rigorosa l'interval de temps en que es realitzaran les proves ja que si aquest interval és massa llarg, la falta de coincidència entre els resultats pot ser deguda a variacions que tinguin un significat propi, és a dir, no siguin degudes a l'atzar; en canvi, si l'interval és massa curt pot ser que no hi hagi temps suficient per a que apareguin les fluctuacions degudes a l'atzar.

En una mesura clínica, normalment, es consideren tres fonts potencials de variabilitat. La primera és la variabilitat deguda als subjectes d'estudi, la segona és deguda a l'instrument o al procediment de mesura i la tercera font de variabilitat és atribuïda a l'observador. A continuació s'explica cadascuna d'elles amb major detall:

- **Variabilitat deguda als subjectes d'estudi:** es refereix a la variabilitat biològica intrínseca de l'individu que es dona entre diferents mesures degudes per exemple a fluctuacions d'humor, als ritmes circadians, cansament, estrès... Per tal de minimitzar la variació associada al subjecte és important que les condicions sota les quals s'està avaluant als subjectes siguin el més idèntiques possible.
- **Variabilitat inherent a l'instrument o al mètode en que es realitza la mesura:** és deguda a les fluctuacions de factors ambientals com per exemple la temperatura o per falta d'una bona interacció entre l'examinador i el pacient. En aquest potencial de variabilitat també pot portar a errors de mesura una incorrecta calibració de l'instrument.
- **Variabilitat deguda a l'observador:** es tracta de variacions degudes a que les mesures han estat realitzades per diferents examinadors on intervenen aspectes com la forma de donar les instruccions al pacient i la interpretació de les respostes, també influeix el grau d'experiència, la forma d'utilitzar l'instrument... A més a més, la precisió de la prova també es pot veure afectada quan l'examinador realitza l'examen coneixent el resultat de la prova realitzada anteriorment.

Les fonts de variació no es poden eliminar totalment però en canvi, han de ser relativament petites comparades amb la variació dels resultats entre subjectes amb i sense l'alteració que s'està avaluant; és a dir, el que es té en compte per acceptar una prova com a repetible no és la magnitud d'error, sinó la relació entre aquest i el rang en que es mouen normalment les mesures. Per tant, la repetibilitat no és una propietat intrínseca de l'instrument o prova, sinó que depèn de la variabilitat de la població a la que s'està aplicant.

Pel que fa a la concordança, en els estudis de concordança de les proves clíniques seria útil comparar una nova tècnica de mesura amb una altra que ja està establerta. El propòsit d'aquests estudis és comprovar si les dues tècniques tenen un grau suficient d'acord com per a que la nova pugui reemplaçar a l'antiga o com per a que les dues tècniques es puguin utilitzar indiferentment, és a dir, que els resultats siguin tant similars que les dues tècniques es puguin intercanviar.

Per a que es pugui reemplaçar una tècnica més antiga per una de nova, és necessari que aquesta última tingui certes avantatges respecte l'altra, com per exemple que sigui més fàcil d'aplicar, més econòmica o més ràpida.

Per tant, mitjançant estudis de concordança s'avalua si les diferents tècniques produeixen resultats similars quan s'apliquen al mateix subjecte i de forma simultània o amb mínimes diferències de temps que garanteixen l'absència pràctica de variabilitat en condicions molt similars².

2.8-1. Estudis previs

Al llarg de la història s'han realitzat diversos estudis sobre la repetibilitat i la concordança dels diferents mètodes clínics que disposem per conèixer el retard acomodatiu. Tot seguit se n'exposen alguns d'ells.

Rouse et al. (1982) van estudiar la validesa del MEM, comparant els resultats d'aquesta tècnica amb l'haploscop. Van arribar a la conclusió que aquests dos mètodes es podien considerar equivalents per a estímuls majors de 3,00DE. Els resultats d'aquest estudi també van mostrar que el MEM és el mètode clínic més fàcil per determinar la resposta acomodativa.

Casser i Somers, (1989) en el seu estudi van demostrar que qualsevol dels dos mètodes de retinoscòpia dinàmica que ells van utilitzar (MEM, Nott) podien ser intercanviables ja que no van obtenir diferències significants entre ells.

Rosenfield et al. al 1996 van utilitzar un autorefractòmetre d'infraroig per mesurar la resposta acomodativa de forma objectiva i varen comparar els resultats de les tècniques MEM i Nott. Els resultats obtinguts de l'estudi mostraven que les dues tècniques de retinoscòpia presentaven bona concordança entre elles ($\pm 0,48D$) i que dels dos mètodes de retinoscòpia dinàmica estudiats el que presentava millor concordança amb l'autorefractòmetre era el Nott ja que les diferències eren de $\pm 0,65D$ i en canvi amb el MEM eren de $\pm 0,91D$. Aquest estudi conclou que "qualsevol prova que utilitza lents per avaluar la resposta acomodativa no produeix resultats vàlids", indicant, per tant, que el MEM és menys fiable que el Nott.

Cacho et al. al 1999 basant-se amb els comentaris de *Rosenfield et al.* van decidir comparar el MEM i el Nott per descobrir si hi havia diferències en el resultat de la resposta acomodativa i analitzar quina relació hi havia entre aquestes dues tècniques. En aquest estudi es van realitzar el MEM i el Nott basant-se amb el resultat de la retinoscòpia estàtica i també amb el valor de l'examen subjectiu. Els resultats de l'estudi indiquen que s'obtenen resultats diferents si es mesura el retard amb el Nott que amb el MEM i que amb aquesta última tècnica els valors obtinguts són més positius que amb el Nott ($+0,74DE$ i $0,42DE$ respectivament). També van descobrir que el resultat de la resposta acomodativa és major quan la base és el valor de la retinoscòpia estàtica que quan és el de l'examen subjectiu. La última conclusió que es va extreure d'aquest estudi va ser que el resultat del Nott es pot calcular per mitjà d'una equació de regressió lineal, dividint el valor del MEM entre dos. ($Nott = MEM/2$).

En l'estudi de *AlMubrad i Ogbuehi* l'any 2006, van voler comparar els resultats obtinguts amb els de *Cacho* al 1999. Tot i que en els dos estudis el rang d'edat dels subjectes era el mateix i tots els pacients utilitzaven correcció en visió llunyana, en l'estudi de *Cacho* els resultats obtinguts per al MEM i Nott eren de $+0,735D$ i $+0,415D$ respectivament i en l'estudi de *AlMubrad i Ogbuehi* eren de $+0,672D$ el MEM i $0,666D$ el Nott. Tot i els resultats obtinguts, l'anàlisi estadístic d'aquest estudi va mostrar que la mitjana del retard del MEM no diferia respecte l'estudi de *Cacho* i en canvi el Nott sí que mostrava diferències significatives.

El Grup Investigador Pediàtric de Malalties Oculars al 2009¹⁵ va realitzar un estudi per comparar el retard acomodatiu que s'obtenia amb un autorefractòmetre de camp obert respecte els resultats de la retinoscòpia dinàmica. Es van avaluar 168 nens entre 8 i 12 anys amb miopies baixes; per a retards acomodatius majors a $1,00DE$ es va calcular la sensibilitat i l'especificitat per a cada mètode de retinoscòpia dinàmica en comparació al valor de l'equivalent esfèric obtingut amb l'autorefractòmetre. Els

resultats van ser que el 69% dels 168 nens avaluats tenia un retard major a 1,00DE amb l'autorefractòmetre. El MEM en va identificar el 66% amb una sensibilitat del 57% i una especificitat del 63%; per contra, el Nott en va identificar 35 nen amb una sensibilitat del 30% i una especificitat del 81%. Les conclusions que aquest grup d'investigadors va poder extreure de l'estudi va ser que ni el MEM ni el Nott presentaven la sensibilitat i l'especificitat adequada per identificar nens miops amb retards acomodatius majors a 1,00DE tal i com si que ho pot fer l'autorefractòmetre.

McClelland i Saunders al 2003 van estudiar la repetibilitat i la concordança dels resultats obtinguts amb la retinoscòpia dinàmica respecte els obtinguts amb l'autorefractòmetre de camp obert Shin-Nipper SRW-5000. Aquest estudi es va fer en un rang d'edats força extens, entre 6 i 43 anys i amb ell van demostrar que els mètodes de retinoscòpia dinàmica (Nott i MEM) presenten una bona concordança amb els resultats obtinguts amb l'autorefractòmetre i que la retinoscòpia dinàmica és una tècnica objectiva vàlida i repetible per mesurar la funció acomodativa dels pacients.

Al 2009, *Antona et al.* van realitzar un estudi per establir que si s'han produït canvis significatius en la resposta acomodativa, és important determinar la repetibilitat d'aquesta mesura. El seu estudi tenia dos objectius: l'un era determinar la repetibilitat intra-examinador utilitzant els mètodes Nott, MEM, cilindres creuats binoculars (BCC) i l'autorefractòmetre, i l'altre objectiu era estudiar el nivell d'acord entre els resultats de la resposta acomodativa obtinguts en cada mètode. Els resultats després d'haver realitzat l'estudi van mostrar que el Nott i el BCC eren els mètodes que oferien millor repetibilitat ja que tenien la menor mitjana de diferències i l'interval del 95% d'acord era el més estret. El 95% del límits d'acord (COA) de les quatre tècniques era força similar (COA= $\pm 0,92$ DE a $\pm 1,00$ DE) tot i que clínicament eren significants. Les dues tècniques de retinoscòpia dinàmica (MEM i Nott) tenien una bona concordança (COA = $\pm 0,64$ DE) encara que aquest COA s'havia d'interpretar en el context d'una baixa repetibilitat del MEM (COR= $\pm 0,98$ DE). La principal conclusió que els autors van extreure del seu estudi va ser que el millor mètode per mesurar el retard acomodatiu és el Nott i que el mètode dels cilindres creuats binoculars també és una tècnica repetible i que per tant, tots dos mètodes són recomanats per l'ús clínic.

3. OBJECTIUS DEL TREBALL

L'objectiu principal d'aquest treball és realitzar un estudi sobre la repetibilitat i la concordança en la mesura del retard acomodatiu.

La concordança dels resultats es determinarà comparant les dades obtingudes de les tres tècniques utilitzades, les quals són:

- Retinoscòpia del Mètode d'Estimació Monocular (MEM)
- Retinoscòpia del Nott
- Autorefractòmetre de camp obert

En la repetibilitat de les mesures es tindran en compte dos aspectes:

- Repetibilitat entre-examinadors en que dos examinadors realitzaran les mesures pels dos mètodes de retinoscòpia als mateixos pacients en la mateixa sessió. Això permetrà conèixer la variabilitat de les mesures induïdes per l'examinador.
- Repetibilitat intra-subjectes en el que un mateix examinador realitzarà les proves en dies diferents als mateixos pacients. Això permetrà saber quina és la variabilitat de les mesures induïdes pel pacient.

Amb l'anàlisi d'aquests paràmetres es pretén conèixer quina de les tècniques emprades per a la mesura del retard acomodatiu obté uns resultats més repetibles per tal de poder-ne elegir una com a més fiable en la realització de l'examen clínic.

4. METODOLOGIA

En aquest apartat s'explicarà quins criteris es van seguir per a la selecció de la mostra, així com també quin va ser el material utilitzat per a la part experimental i es presentarà de forma breu les consideracions ètiques que s'han hagut de tenir en compte per a la realització de l'estudi.

4.1- Disseny de l'estudi

Aquest treball té la finalitat d'estudiar la repetibilitat i concordança de tres mètodes diferents els quals ens permeten mesurar el retard acomodatiu.

A cada subjecte se'l va citar en dues sessions i en cadascuna d'elles se li van realitzar les mesures del retard acomodatiu mitjançant tres mètodes diferents (MEM, Nott i autorefractòmetre WAM). Els mètodes seleccionats es van realitzar de forma aleatòria tant en la primera com en la segona sessió. Les condicions d'il·luminació necessàries per a cada mètode es van mantenir constant en cada una de les sessions. La il·luminació utilitzada per als mètodes de retinoscòpia dinàmica va ser de 600 lux i per a l'autorefractòmetre, tant en VL com en VP de 430 lux.

En la primera sessió les mesures sempre van ser preses pel mateix examinador (examinador A), mentre que en la segona sessió les mesures de cada pacient van ser preses dues vegades cada cop per un examinador diferent (examinador A / examinador B), per poder estudiar la repetibilitat dels mètodes.

Les mesures es van realitzar a l'edifici GAIA del Campus Universitari de Terrassa durant els mesos de Novembre i Desembre de 2015.

4.2- Selecció de la mostra. Criteris d'inclusió i exclusió

Abans d'iniciar la part experimental de l'estudi es van establir uns criteris d'inclusió que els subjectes havien de complir per poder formar part de la mostra de l'estudi.

Criteris d'inclusió:

- Edat entre 18 i 25 anys.
- Agudesia visual (AV) monocular amb la correcció ≥ 1 tant en VL com en VP.
- Refracció menor a $\pm 6,00$ diòptries esfèriques (DE).
- No presentar astigmatisme major a 3,00 diòptries cilíndriques (DC).
- No presentar cap tipus de patologia ocular ni intervenció quirúrgica

El fet que els subjectes haguessin d'estar inclosos en un rang d'edats tant limitat és degut a que amb l'edat, la resposta acomodativa varia i els resultats s'haurien pogut veure afectats per aquest factor d'edat.

Els pacients que no complien aquest requisits van ser exclosos de l'estudi. Tots els pacients que complien els criteris d'inclusió, abans de començar l'estudi van haver de llegir i signar el consentiment informat (**Annex 1**).

La mostra va ser de 30 pacients, dels quals 10 eren nois i 20 noies. A tots els subjectes que participaven en l'estudi se'ls va citar en dues sessions, l'interval de temps entre la primera sessió i la segona va ser com a màxim d'una setmana i com a mínim de dos dies.

Durant la realització de cada una de les proves, tant en la sessió 1 com en la sessió 2, es va controlar de manera molt estrica que el pacient hagués entès correctament les indicacions donades per l'examinador. El que no es tenia en compte era la situació en la que acudia el pacient, és a dir, no tots els pacients partien de la mateixa situació acomodativa ja que uns podia ser que acabessin de fer un ús més intens de visió propera com pot ser fer un examen escrit i altres podien venir sense prèviament haver realitzat un esforç acomodatiu, per tant, l'esforç acomodatiu previ era diferent en tots ells; no obstant, donat que els pacients havien de desplaçar-se, en tots els casos s'assegurava un temps de descans d'uns 15minuts. La majoria de les mesures de les dues sessions es van realitzar per la tarda a partir de les 17:00h.

4.3- Instrumentació

Per a la realització de cada un dels mètodes es va utilitzar un material diferent. Cal remarcar que per obtenir les mesures amb cada un dels mètodes, en cas necessari, el pacient havia de dur posada la seva correcció habitual, ja fos amb ulleres o lents de contacte. El que hi hagués un petit error residual en la refracció habitual no era important ja que es pretén estudiar la repetibilitat i la concordança i no la exactitud del valor del retard.

Mètode MEM

Per al mètode MEM es va necessitar un retinoscopi al capçal del qual hi havia enganxat un test d'una línia de lletres d'AV=1 (*Figura 4.1*). També es va necessitar una caixa de lents de prova per tal de poder observar el reflex intra-pupilar a través d'elles (*Figura 4.2*). Com aquest mètode s'ha de realitzar a 40cm es va fer servir la barra mil·limetrada del foròpter per tal de poder mantenir la distància exacta durant la

prova; la barra mil·limetrada es va col·locar al suport que duu el foròpter per aquest fi i aquest es va posar sobre del cap del pacient per poder controlar la distància exacta al llarg de tota la prova i que el foròpter no interferís en la mesura. El MEM es realitza en visió propera, per tant era necessari que hi hagués una bona il·luminació (630 lux) per que el subjecte pogués observar adequadament el test que estava situat al capçal del retinoscopi, i per això es va utilitzar una làmpada per VP que il·lumines bé el test del retinoscopi i una font d'il·luminació general per a tota la sala.

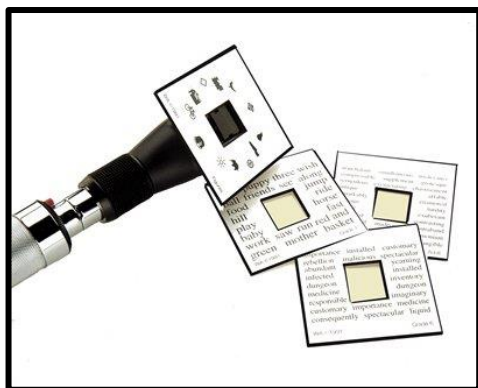


Figura 4.1. Test per al MEM enganxat al retinoscopi.



Figura 4.2. Retinoscopi i caixa de lents de prova.

Mètode Nott

Per al mètode Nott també es va utilitzar el retinoscopi per tal d'observar el reflex intrapupil·lar. Aquest mètode també s'ha de realitzar a 40cm; es va realitzar de la mateixa manera que s'ha comentat anterior en la metodologia MEM però aquest cop la barra mil·limetrada del foròpter servia per fixar el test a 40cm i mantenir aquesta distància fixa durant tota la prova. El test utilitzat va ser una cartolina amb un forat al centre de 4cm de diàmetre i lletres al voltant d'agudesa visual de la unitat (*Figura 4.3*); durant la realització de la prova el pacient havia d'anar mirant i nomenant cada una de les lletres que anava fixant al llarg de la prova. El foròpter també es va col·locar sobre el pacient per tal que aquest no hagués de mirar a través de l'instrument.

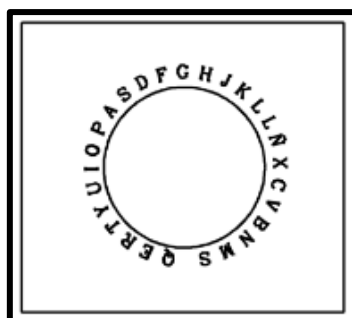


Figura 4.3. Optotip específic per a la retinoscopia Nott.

Autorefractòmetre WAM

L'autorefractòmetre de camp obert (WAM) (*Figura 4.4*), ens serveix per conèixer quina és la refracció del pacient en visió llunyana i també ens permet conèixer la refracció en visió propera. Per a cada una de les mesures van ser utilitzats diferents test. Per a la visió llunyana es va emprar com a test, la creu de malta (*Figura 4.5*) la qual es va situar a una distància de 6m respecte l'aparell. En tots dos casos la il·luminació utilitzada va ser de 430 lux.

La creu de malta és un estímul amb un espectre ampli de freqüències espacials, amb la qual s'ha demostrat que és la millor forma per estimular l'acomodació¹⁹. Aquest estímul té freqüències elevades cap al centre i a mesura que s'allunya cap a la perifèria les freqüències van sent més baixes. Les freqüències espacials de 30 cicles/grau equivalen a $AV=1$ (escala decimal)⁸. La creu utilitzada en aquest treball no es pot saber de forma exacta quina era la seva freqüència espacial màxima ja que això depèn de la resolució de la impressora; de totes formes es pot assegurar que l' AV del centre de la creu és major a la unitat.



Figura 4.4. Autorefractòmetre de camp obert (WAM-5500).

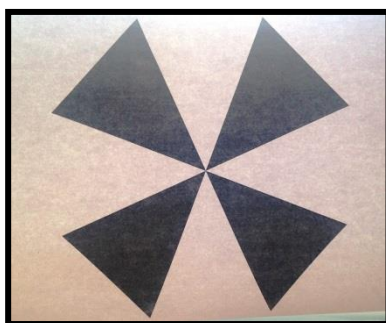


Figura 4.5. Optotip per VL: creu de malta.



Figura 4.6. Optotip per VP.

Per a la mesura de l'error refractiu en visió propera es va utilitzar un test convencional d'agudesa visual el qual estava situat sobre la barra mil·limetrada de l'autorefractòmetre a una distància de 40cm respecte el pacient (*Figura 4.6*); aquest havia d'observar de forma contínua una de les lletres corresponents a $AV=1$. En

aquest cas, la il·luminació per a les dos mesures va ser la mateixa i es tractava d'una il·luminació general de la sala (430 lux).

4.4- Protocol de mesures

En aquest apartat s'explicarà de forma detallada quins van ser els passos a seguir en cadascun dels mètodes utilitzats per a la mesura del retard acomodatiu.

Uns dies abans de la realització de l'estudi es va preparar el material que seria necessari i es van practicar els diferents mètodes; amb aquest assaig es va observar que el temps que seria necessari per cada pacient era d'uns deu minuts i gràcies a aquesta estimació del temps es va poder programar l'agenda per a la citació dels subjectes de l'estudi.

El dia de la realització de les proves s'explica al pacient en què consisteix l'estudi i quina és la finalitat; un cop ell està d'acord amb tot el que se l'hi ha explicat signa el consentiment informat i es procedeix a la presa de les seves dades (nom, edat, error refractiu, malalties oculars...).

Finalitzat el procés anterior es passa a la realització de les diferents proves; l'elecció de l'ordre de les proves es fa de forma aleatòria ja que prèviament s'havien preparat uns fulls d'anotacions de resultats (**Annex 2**) en els que les proves estaven anotades amb diferent ordre, així com també estaven de forma aleatòria l'ull que s'hauria d'examinar primer en cadascun dels mètodes.

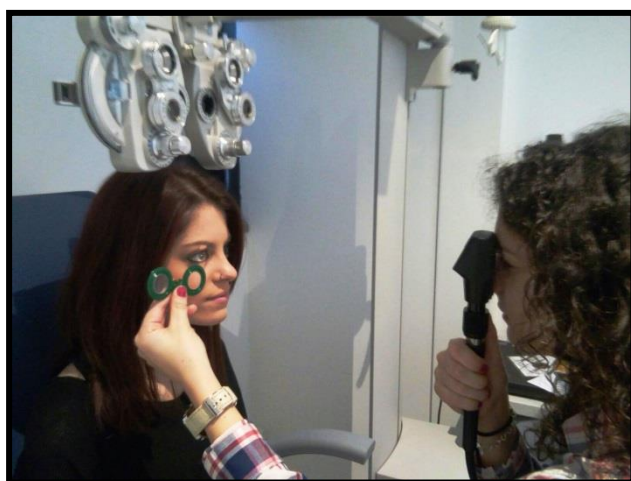
Com aquest treball es basa en estudiar la repetibilitat i la concordança entre els diferents mètodes i entre diferents examinadors, la primera sessió de mesures la vaig realitzar jo íntegrament i la segona, la qual es va fer una setmana més tard, com que s'havien de fer dues tandes de mesures per cada pacient, va ser realitzada per un company i també per mi mateixa. En aquesta última sessió el segon examinador només va realitzar les proves objectives (MEM i Nott) ja que la mesura amb l'autorefractòmetre no depèn de l'examinador, sinó que només depèn del subjecte d'estudi.

Mesura del MEM

Amb la seva correcció habitual demanem al pacient que es fixi i ens vagi llegint les lletres del test que està enganxat al capçal del retinoscopi. L'observador es situa a 40cm del pacient i observa amb el retinoscopi el reflex interpupilar; per tal de saber exactament quina distància correspon a 40cm es col·loca el foròpter amb la barra mil·limetrada sobre del pacient i l'observador es situa sota la marca de 40cm. Un cop

observat el moviment s'agafen dues lents de la caixa de prova que es cregui que poden neutralitzar el reflex. Es comença posant una de les dues lents davant de l'ull del subjecte, no més de 0,5 segons per tal de no modificar la resposta acomodativa, i s'observa si hi ha punt neutre; si no és el cas es canvia de lent i es fa el mateix procediment que amb la primera lent. En cas de no veure punt neutre amb cap de les dues lents se'n agafen dues més fins a trobar el punt de neutralització.

Com es tracta d'un mètode monocular en condicions binoculars, tant en la primera com en la segona sessió, primer es va realitzar la mesura d'un ull i després de l'altre; l'elecció de quin ull s'examinava primer no sempre era la mateixa, sinó que es feia de forma aleatòria. Un cop finalitzada la prova, els resultats obtinguts s'anotaven al full d'anotacions.



(a)



(b)

Figura 4.7. Realització del mètode MEM. a) examinador mirant el tipus de reflex interpupilar; b) neutralització del reflex amb lents esfèriques.

Mesura del Nott

Amb la seva correcció habitual situem al pacient a 40cm del test, el qual es troba fix en el suport de la barra mil·limetrada del foròpter. Com en aquest cas el test és circular, el pacient ha d'observar i llegir les lletres que hi ha al voltant del cercle; l'examinador haurà d'observar el reflex interpupilar amb el retinoscopi i ho haurà de fer a través de l'orifici de l'optotip. Si a 40cm s'observa punt neutre aquest serà el valor, passat a diòptries, corresponent al retard; en cas de no ser així, si s'observa moviment directe, l'examinador s'haurà d'anar allunyant del test fins a la neutralització i anotar la distància a la que es troba. En cas d'observar moviment invers no es podrà quantificar ja que hauria de passar per davant del test i no permetria al pacient visualitzar l'optotip,

per tant, en aquest cas s'hauria d'anotar "moviment invers". Les mesures, de la mateixa manera que en el MEM, es realitzen primer en un ull i després en l'altre de forma aleatòria i es pren nota dels resultats al full d'anotacions.

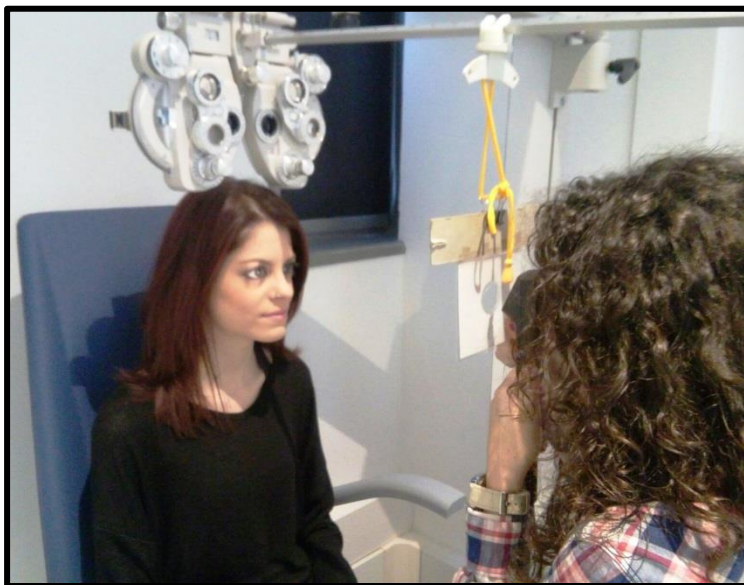


Figura 4.8. Examinador variant la seva distància respecte el pacient fins neutralitzar el reflex interpupilar.

Mesura del retard amb autorefractòmetre de camp obert

Per mesurar el retard acomodatiu de forma subjectiva amb aquest instrument, el primer que es va fer va ser situar l'aparell a 6m del test per visió llunyana i amb la barra mil·limetrada col·locada sobre el suport corresponent de l'autorefractòmetre el test a 40cm per visió pròxima. Per visió llunyana el subjecte ha d'observar el punt de la creu de malta que correspon a l'agudes visual de la unitat i per visió de prop les lletres d'AV=1 del test.

Un cop preparat tot això, el pacient, amb la seva correcció, s'asseu a l'autorefractòmetre i mentre observa el test de visió llunyana, l'examinador fa la mesura corresponent i tot seguit es passa a fer la mesura per visió pròxima. Després de cada mesura l'instrument proporciona deu mesures i una mitjana.

Les mesures es fa primer a un ull i després a l'altre però mai cap dels dos ulls està oclòs.



(a)



(b)

Figura 4.9. Posició del pacient i el test per mesurar l'error refractiu de forma subjectiva. a) mesura de l'error refractiu en VP; b) mesura de l'error refractiu en VL.

4.5- Principis ètics

Abans de començar amb una projecte que requereix una part experimental amb éssers humans, és important conèixer els requisits ètics, jurídics i legals. Aquests requisits es troben a la Declaració de Helsinki de l'Associació Mèdica Mundial (AMM) (2008).

Tot i que les proves que s'havien de realitzar no eren invasives, abans de començar a fer-les ens asseguràvem que el pacient havia entès tota la informació explicada i si tot era correcte, aquest llegia i signava el consentiment informat. En aquest moment es procedia a la realització de les proves.

Durant la realització del treball es va respectar el dret de cada persona guardant la seva identitat i confidencialitat tal com ho estableix la normativa espanyola, la "Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal".

5. RESULTATS

En aquest apartat es mostren els resultats obtinguts en l'estudi seguint la metodologia explicada anteriorment i la seva interpretació.

Primerament s'explica com s'han tractat les dades, posteriorment es fa un anàlisi descriptiu de la mostra i finalment es procedeix a l'anàlisi de resultats de les mesures realitzades.

5.1- Tractament de dades

Amb els resultats obtinguts en cadascuna de les proves es va realitzar una base de dades per poder analitzar els resultats. Les característiques principals de la base de dades són:

CARACTERÍSTIQUES DEL PACIENT	MÈTODE DE MESURA	SESSIÓ	EXAMINADOR	VALOR DEL RETARD ACOMODATIU	EIX OBTINGUT AMB EL WAM
Número identificador (ID)	Nott	1a sessió	Examinador 1	Valor obtingut (en diòptries) de la mesura del retard acomodatiu amb cadascun dels mètodes	Directe
Sexe	MEM				Invers
Edat	Autorefractòmetre WAM amb esfera	2a sessió	Examinador 2		Oblic
	Autorefractòmetre WAM amb equivalent esfèric				

Taula 5.1. Descriptiu de la base de dades.

Per realitzar l'anàlisi estadístic de resultats s'ha utilitzat el programa estadístic SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versió 24.

El primer pas és determinar si la distribució de la variable retard segueix una distribució normal i saber així el tipus d'estadística a utilitzar. Mitjançant l'anàlisi estadístic de Kolmogorov-Smirnov (recomanable per mostres de més de 30 subjectes) comprovem que no totes les dades obtingudes presenten una distribució normal (ja que s'obtenen diferències significatives respecte a la prova de normalitat). Veiem que tant sols el mètode del MEM s'allunya d'aquesta distribució normal.

RETARD ACOMODATIU		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	MÈTODE	ESTADÍSTIC	gl	p	ESTADÍSTIC	gl	p
	NOTT	0,11	57	0,06	0,95	57	0,02
	MEM	0,20	60	0,00	0,94	60	0,00
	WAM AMB ESFERA	0,10	60	0,20	0,99	60	0,34
	WAM AMB EQUIVALENT ESFÈRIC	0,07	60	0,20	0,98	60	0,59

Taula 5.2. Distribució de la variable retard.

Aquest fet era d'esperar ja que a mesura que augmenta el número de casos a estudiar l'ajust de la normalitat és més difícil (Altman, 1991).

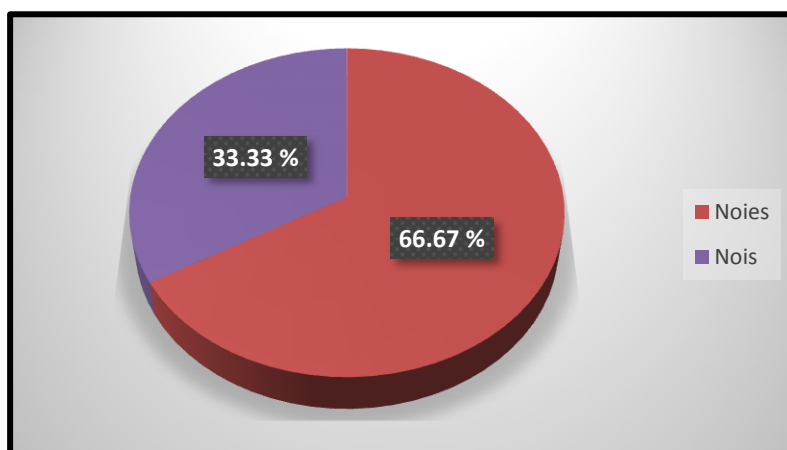
Tot i això, alguns autors (Alvarado i Batanero, 2008; Juárez, 2002) comenten que com a conseqüència del teorema central del límit, es pot aplicar l'estadística paramètrica quan la variable és el resultat de la suma de n variables i també en mostres superiors a 30 o 40 casos. La mostra emprada per aquest treball és de 30 casos, ho considerarem dins dels límits i per tant, s'aplica l'estadística paramètrica.

L'anàlisi del tractament de les dades que es durà a terme és el següent:

- Estudi descriptiu de cadascun dels mètodes emprats. Els descriptius de les variables s'obtidran mitjançant la mitjana (\bar{x}), la desviació estàndard (sd) i els valors màxim i mínim.
- Per comparar els resultats s'utilitzarà l'anàlisi de variància ANOVA i sempre que hi hagi més de dues variables a estudiar s'utilitzarà el post-hoc de Bonferroni. Quan la p (probabilitat de que les diferències siguin conseqüència de l'atzar) sigui $\leq 0,05$ considerarem que les diferències són estadísticament significatives.

5.2- Descriptius de la mostra

Les mesures es van realitzar a 30 subjectes, amb una mitjana d'edat de 21,87 anys i una desviació estàndard de $\pm 1,68$ dels quals 10 eren nois (33.33%) i els 20 restants (66.67%) eren noies; el fet que hi hagi més noies que nois no es creu que sigui rellevant per a aquest estudi ja que no hi ha cap evidència de relació entre el sexe dels subjectes i la resposta acomodativa.



Gràfic 5.1. Descriptiu del sexe de la mostra total.

Tal i com s'ha explicat en l'apartat de metodologia, a cada pacient se li van realitzar les mesures en dues sessions diferents, la qual cosa ens permetrà estudiar la repetibilitat del resultat i també per dos examinadors diferents, el que ens permetrà estudiar l'efecte de l'examinador.

Es realitza un anàlisi estadístic per cadascun dels mètodes emprats. Amb aquest anàlisi es pretén estudiar la repetibilitat intra subjectes i també la repetibilitat entre examinadors. A més a més s'estudiarà la concordança entre els diferents mètodes.

Per això utilitzarem la t d'Student o l'ANOVA per comparar les diferències mitges dels resultats i la correlació de Pearson per visualitzar millor les diferències.

5.3- Anàlisi descriptiu de les variables

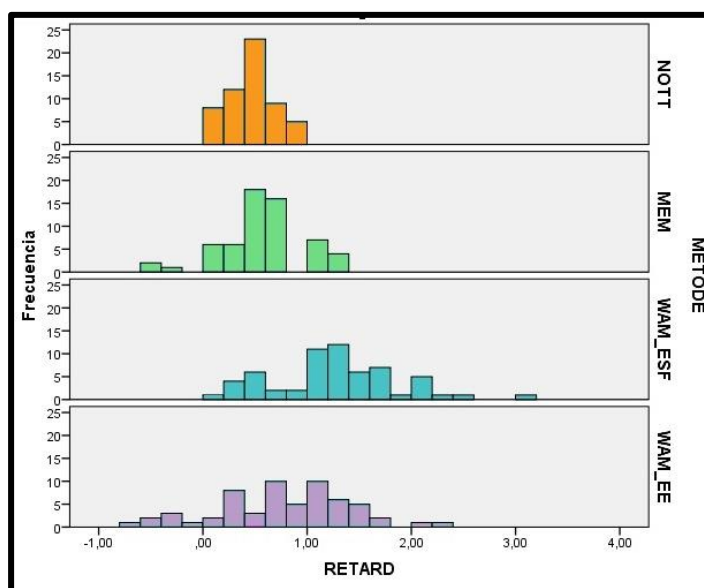
En aquest apartat es mostra una taula resum sobre els paràmetres descriptius més rellevants per a cada mètode com són la mitjana, la desviació estàndard i el valor màxim i mínim que s'han obtingut.

La mitjana és el valor característic d'una sèrie de dades quantitatives. S'obté a partir de la suma de tots els valors dividit entre el número de sumants.

La desviació estàndard és la mesura de dispersió que indica quant es poden allunyar els valors respecte el valor mig.

RETARD ACOMODATIU	MÈTODE	ESTADÍSTIC	VALORS (Diòptries esfèriques)
	NOTT	Mitjana	0,40
		Desviació estàndard	± 0,25
		Mínim	0,00
		Màxim	1,00
	MEM	Mitjana	0,51
		Desviació estàndard	± 0,36
		Mínim	-0,50
		Màxim	1,25
	WAM AMB ESFERA	Mitjana	1,21
		Desviació estàndard	± 0,63
		Mínim	-0,25
		Màxim	3,00
	WAM AMB EQUIVALENT ESFÈRIC	Mitjana	0,75
		Desviació estàndard	± 0,66
		Mínim	-0,88
		Màxim	2,25

Taula 5.3. Mitjana, desviació estàndard i valor mínim i màxim per cadascun dels mètodes utilitzats.



Gràfic 5.2. Relació entre el valor del retard acomodatiu i la freqüència per a cada mètode de mesura.

5.4- Comparació de resultats

5.4-1. Comparativa UD i UE

A través de l'ANOVA també s'ha comprovat si hi ha diferències significatives entre els resultats obtinguts en un ull i en l'altre per cadascun del mètodes emprats.

MÈTODE	DIFERÈNCIA (Diòptries esfèriques)	VALOR DE SIGNIFICACIÓ (p)
NOTT	0,03	0,602
MEM	0,01	0,651
WAM AMB ESFERA	0,06	0,769
WAM AMB EQUIVALENT ESFÈRIC	0,10	0,942

Taula 5.4. Diferències en els resultats entre ambdós ulls i el valor de significació.

Tal com es pot observar les diferències entre els dos ulls són molt petites i el valor de significació és major que 0.05; per tant es pot afirmar que és indiferent realitzar la mesura del retard acomodatiu en un ull que en l'altre.

Degut a que no existeixen diferències significatives entre un ull i l'altre, tots els resultats que es presentaran a continuació s'han extret a partir de les dades de l'ull dret.

5.4-2. Estudi de la repetibilitat

A continuació s'estudiarà la repetibilitat intra subjectes, comparant els resultats obtinguts en les dues sessions. També es determinarà la repetibilitat entre examinadors comparant els valors obtinguts en una mateixa sessió realitzada per diferents examinadors.

Repetibilitat intra subjectes

Per tal de saber si el resultat del retard acomodatiu d'un determinat pacient varia segons el dia en que es mesura, s'estudiaran els valors obtinguts entre les dues sessions, les qual hauran estat realitzades per un sol examinador.

MÈTODE	DIFERÈNCIES ENTRE 1a I 2a SESSIÓ (Diòptries esfèriques)	SIGNIFICACIÓ (p) DE LA DIFERÈNCIA
NOTT	0,056	0,96
MEM	0,058	0,80
WAM AMB ESFERA	0,059	0,81
WAM AMB EQUIVALENT ESFÈRIC	0,049	0,85

Taula 5.5. Diferències obtingudes entre la primera i la segona sessió i el valor de significació de la diferència.

Quan es comparen els resultats de la primera i la segona sessió realitzades per un examinador determinat, només per a l'ull dret i per a cadascun del mètodes, s'observa que les diferències entre la primera i la segona sessió són molt petits i a més la significació de la diferència és de $p \geq 0,05$. Com a conseqüència, es pot considerar que les diferències obtingudes no són estadísticament significatives i per tant, la mesura del retard és repetible, independentment de que es realitzi un dia o un altre.

Repetibilitat entre examinadors

En aquest apartat s'estudien les diferències que hi poden haver entre els resultats d'un examinador respecte un altre; és molt important que les condicions d'examen siguin les mateixes en els dos casos i que els subjectes també siguin els mateixos.

Per comprovar si existeixen diferències entre els resultats obtinguts per l'examinador 1 i l'examinador 2, s'ha realitzat un anàlisi de varianza ANOVA per tal de conèixer el valor de significació (p) i saber si les diferències entre els dos examinadors són estadísticament significatives o no. En aquest cas les variables que s'han tingut en compte han estat la sessió, ja que els resultats són els obtinguts en la segona sessió (la qual va ser la única realitzada pels dos examinadors) i els resultats obtinguts en l'ull dret de cada pacient.

MÈTODE	DIFERÈNCIES ENTRE EXAMINADORS (Diòptries esfèriques)	SIGNIFICACIÓ (p) DE LA DIFERÈNCIA
NOTT	0,15	0,82
MEM	0,18	0,56

Taula 5.6. Diferències dels resultats obtinguts entre diferents examinadors i el valor de la significació de la diferència.

Tal i com s'observa a la taula, la $p > 0,05$ i per tant, si les condicions d'examen són les mateixes i la prova es realitza correctament, és indiferent quin sigui l'examinador ja que les diferències entre els resultats no són significatives ni des del punt de vista estadístic ni clínic.

5.4-3. Estudi de la concordança entre mètodes

A continuació es farà un estudi de les diferències entre els resultats dels diferents mètodes amb l'ANOVA i amb la correlació entre resultats amb Pearson

Estudi ANOVA de la concordança de mètodes

Per tal de saber si els resultats obtinguts amb un mètode concorden amb els obtinguts amb un altre, i per tant, es poden intercanviar es realitza una comparació de mitjanes amb l'ANOVA i utilitzant el post-hoc de Bonferroni. Per aquest anàlisi només s'han tingut en compte els resultats de la primera sessió i només l'ull dret de cada pacient.

MÈTODE 1	MÈTODE 2	Diferències de mitjanes (1-2) (Diòptries esfèriques)	Error estàndard	p (valor de significació)	Interval de confiança al 95%	
					Límit inferior	Límit superior
NOTT	MEM	-0,11	0,13	1,00	-0,46	0,23
	WAM ESFERA	-0,78	0,13	0,00	-1,12	-0,43
	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	-0,26	0,13	0,26	-0,61	0,08
MEM	WAM ESFERA	-0,66	0,13	0,00	1,00	-0,31
	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	-0,15	0,13	1,00	-0,49	0,20
WAM ESFERA	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	0,51	0,13	0,00	0,17	0,85

Taula 5.7. Comparació de mètodes.

El fet que les diferències siguin negatives significa que el mètode 2 és de valor positiu més gran.

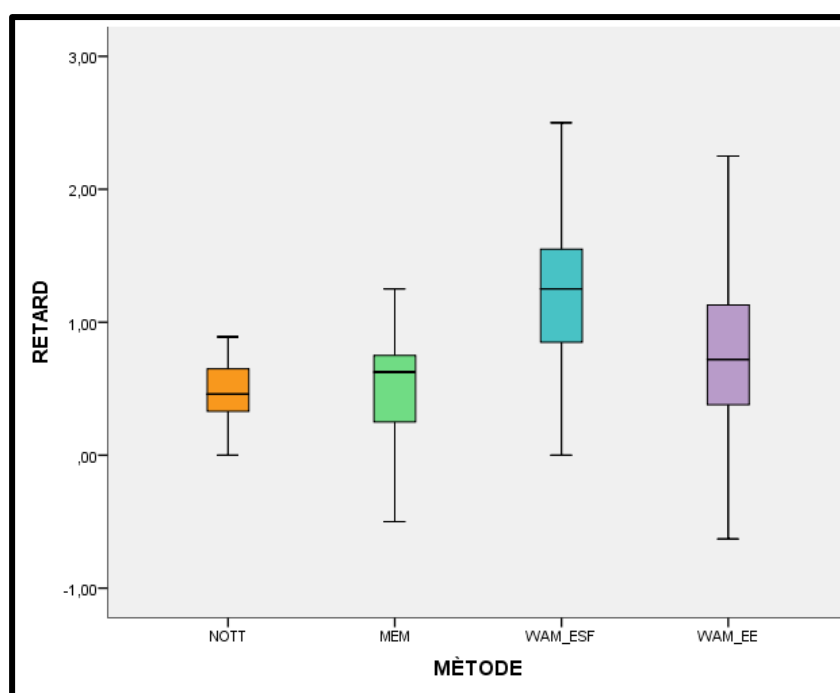
Quan l'anàlisi de la diferència de resultats entre dos mètodes dona una $p \leq 0,05$ ens indica que les diferències són estadísticament significatives i que per tant són sistemàtiques i no conseqüències de l'atzar. En la taula anterior es mostren aquest valors en color vermell.

Pel que fa a les diferències clíniques, es prendrà com a valor màxim perquè dos mètodes sigui intercanviables una diferència de $\pm 0,25D$. En la taula anterior es mostren un valors amb color blau els qual són els que entre dos mètodes la diferència és major al valor establert clínicament.

Per tant, s'observa que clínicament són intercanviables el Nott amb el MEM, el MEM amb el WAM equivalent esfèric i el Nott amb el WAM equivalent esfèric.

Per saber si els mètodes es poden intercanviar o no, també es pot comprovar a partir del límit superior i inferior; si entre els límits hi ha inclòs el 0, no hi ha diferències estadísticament significatives. Amb aquesta observació es comprava que els mètodes intercanviables són els anomenats anteriorment.

En el gràfic següent es mostra els valors màxim, mínim i el mitjà que s'ha obtingut amb cada mètode.



Gràfic 5.3. Representació del valor màxim, mínim i mitjà obtingut en cada mètode.

Estudi de la correlació de Pearson entre els mètodes

En aquest apartat s'estudiarà la correlació que presenten els diferents mètodes entre ells.

La correlació ve donada pel coeficient de correlació (r) de Pearson, el qual és un valor que oscil·la entre $\pm 1,00$. A més a més, aquest coeficient sempre va acompanyat del valor de significació p i generalment quan el coeficient de Pearson és elevat, la $p \leq 0,05$.

La significança estadística d'un coeficient s'ha de tenir en compte conjuntament amb la rellevància clínica del fenomen que s'estudia ja que coeficients de 0,5 a 0,7 ja tendeixen a ser significatius en mostres petites¹².

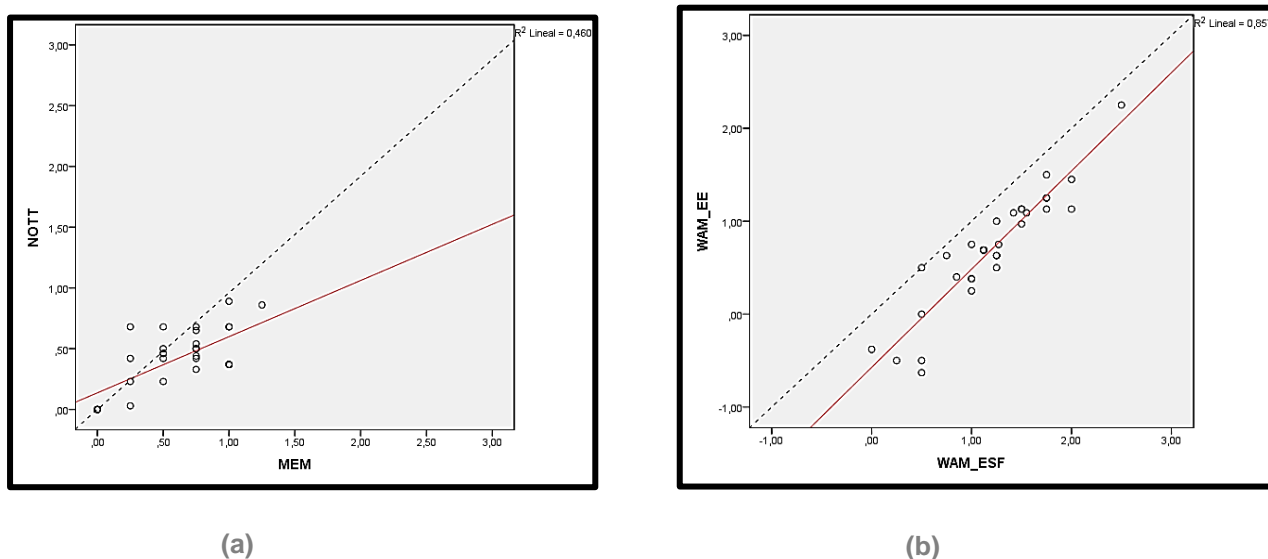
En la taula següent es mostra la correlació de Pearson i el valor de significació per a cada mètode, comparant-lo amb un altre mètode. Aquesta comparació també es pot observar als gràfics de dispersió de punts que hi ha a continuació.

		Correlació de Pearson	p (bilateral)
NOTT	MEM	0,70	0,00
	WAM ESFERA	0,16	0,39
	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	0,20	0,28
MEM	WAM ESFERA	0,00	0,99
	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	0,03	0,88
WAM ESFERA	WAM EQUIVALENT ESFÈRIC	0,93	0,00

Taula 5.8. Valors de la correlació de Pearson i valors de significació.

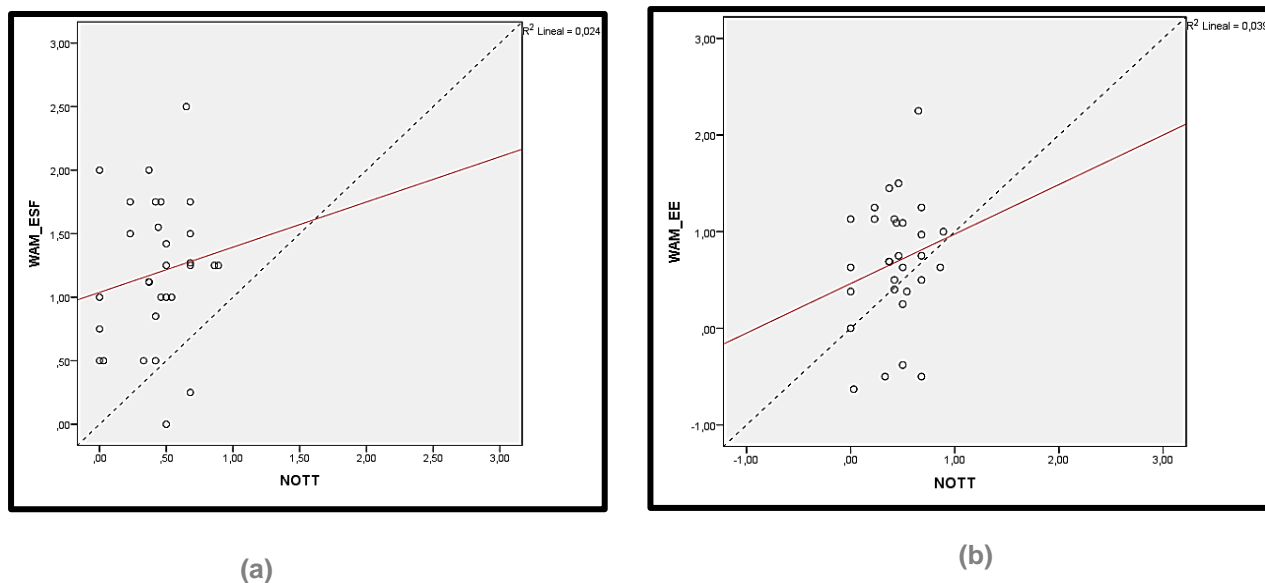
Els valors representats en vermell són els que presenten un valor de coeficient de Pearson per sobre de 0,7, és a dir, són aquells mètodes que entre ells presenten una alta correlació i per tant, el valor de significació és menor a 0,05.

En els gràfics següents la línia discontinua indica la línia de referència en la que el coeficient de correlació seria +1; la línia vermella fa referència a la línia d'ajust per als valors obtinguts. Com més horitzontal sigui la línia vermella, significarà que pitjor és la correlació obtinguda entre mètodes.



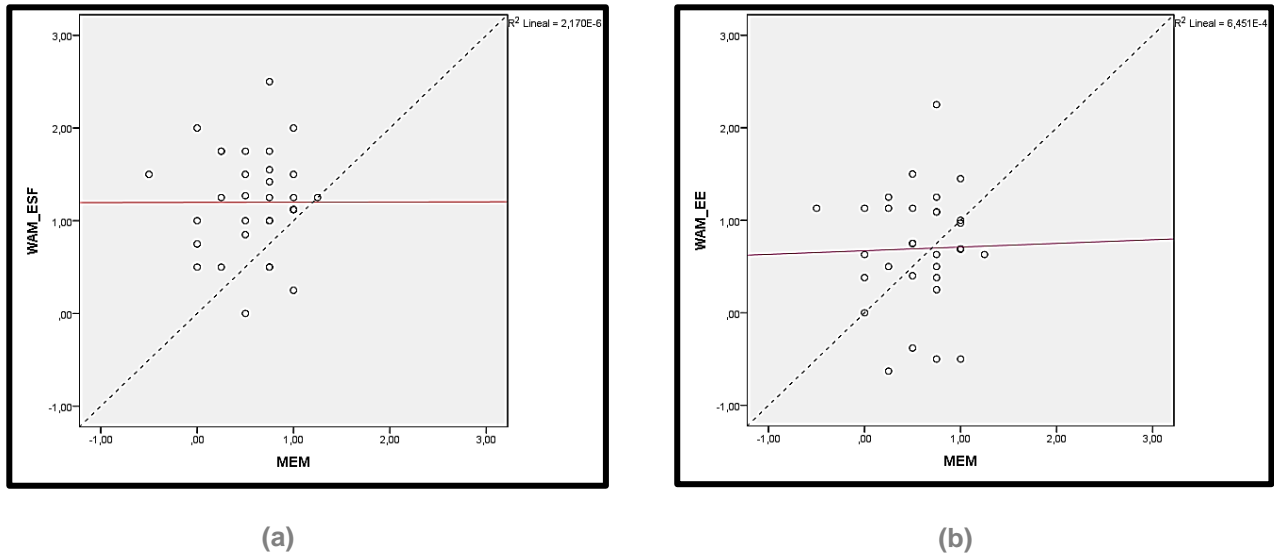
Gràfic 5.4. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) Correlació entre el mètode Nott i el MEM; b) correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el WAM amb esfera.

En aquest dos gràfics s'observa una bona correlació entre els mètodes. En el primer cas la coeficient de correlació de Pearson és de 0,70 amb un valor de significació menor a 0,001. En el segon cas, la correlació encara és més bona ja que $r=0,93$ i amb una $p=0,00$. Això el que significa que els resultats dels dos mètodes estan altament associats (quan l'un és alt l'altre també i viceversa).



Gràfic 5.5. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) *Correlació entre el WAM amb esfera i el Nott; b) correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el Nott.*

Aquests gràfics mostren que la correlació entre els mètodes ja no és tant bona com en els casos anteriors. Si només ens fixem amb la representació, sense centrar-nos amb els valors, ho podem saber ja que la línia d'ajust presenta menor inclinació que la línia de referència. En el primer cas el coeficient de correlació és de 0,16 i un valor de significació major a 0,05 ($p=0,39$) i en el segon cas el coeficient és de 0,20 i la significació de 0,28; per tant es pot afirmar que entre aquestes dues comparacions el WAM amb esfera i el Nott tenen una correlació menor que el WAM amb equivalent esfèric i el Nott.



Gràfic 5.6. Gràfic de dispersió de punts segons la correlació de Pearson. a) *Correlació entre el WAM amb esfera i el MEM;* b) *correlació entre el WAM amb equivalent esfèric i el MEM.*

Aquest dos gràfics mostren la correlació entre els resultats del WAM amb esfera i el MEM i el WAM amb equivalent esfèric i el MEM respectivament. En aquest cas no existeix una bona correlació de resultats ja que en el primer cas $r=0,00$ i en el segon $r=0,03$, tots dos amb un valor de significació molt més gran a 0,05; aquest resultats signifiquen que coneixent el valor del MEM, el resultat amb el WAM pot ser qualsevol, ja que el marge de tolerància dels resultats és força gran.

6. DISCUSSIÓ

En aquest apartat es tractarà de valorar els resultats obtinguts en aquest estudi i fer una comparació respecte els que van obtenir altres autors en les seus treballs amb condicions i objectius similars als nostres.

En aquest estudi s'han obtingut els següents valors del retard acomodatiu: Nott $+0,40\text{DE} \pm 0,25\text{DE}$; MEM $+0,51\text{DE} \pm 0,36\text{DE}$; WAM esfera $+1,21\text{DE} \pm 0,63\text{DE}$; WAM equivalent esfèric $+0,75\text{DE} \pm 0,66\text{DE}$.

6.1- Concordança de mètodes

A l'hora de valorar la concordança entre mètodes, en el nostre estudi trobem que entre el mètode MEM i el mètode Nott les diferències són de $0,11 \pm 0,13$ ($p=1,00$), la qual cosa ens informa què els dos mètodes són intercanviables ja que les diferència no són ni estadísticament ni clínicament significatives. El fet que siguin mètodes intercanviables també es pot comprovar a través de la correlació; la correlació entre aquests dos mètodes és molt bona ja que el coeficient de correlació és de 0,7 i el valor de significació és menor a 0,05 ($p=0,001$).

Pel que fa als resultats obtinguts amb l'autorefractòmetre trobem diferències importants entre utilitzar el valor de l'esfera ($+1,21 \pm 0,63\text{DE}$) o el de l'equivalent esfèric ($+0,75 \pm 0,66\text{DE}$) al calcular el retard acomodatiu; les diferències entre un mètode i l'altre són de $0,51 \pm 0,13\text{DE}$ ($p=0,00$). A més a més el mètode amb l'equivalent esfèric és el que obté resultats més similars als mètodes retinoscòpics. És per aquest motiu que pensem que no es pot determinar el retard acomodatiu objectiu simplement comparant els resultats de l'esfera de lluny i de prop, sinó que s'ha de calcular prèviament l'equivalent esfèric.

Al comparar els resultats obtinguts de les tècniques retinoscòpiques amb els de l'autorefractòmetre amb l'equivalent esfèric trobem que les diferències entre el Nott i l'autorefractòmetre són de $0,26 \pm 0,13\text{DE}$ ($p=0,26$), el que significa que no hi ha diferències estadísticament significatives; no obstant això, nosaltres pensem que clínicament s'ha de tenir en compte que l'autorefractòmetre dóna resultats $0,25\text{DE}$ més positius que el Nott. A més a més, la correlació entre els mètodes és molt baixa ($r=0,20$; $p=0,28$) el que ens porta a concloure que els mètodes no són intercanviables. Al comparar l'altra tècnica retinoscòpia (MEM) amb l'autorefractòmetre trobem que les diferències són inferiors respecte la comparació anterior ($0,15 \pm 0,13\text{DE}$; $p=1$), la qual cosa significa que les diferències no són ni estadísticament ni clínicament

significatives; no obstant, la correlació entre aquests dos mètodes és molt dolenta ($r=0,03$; $p=0,88$) i per tant, els mètodes no són intercanviables.

Seguidament passarem a analitzar els resultats de la concordança entre mètodes del nostre estudi amb altres autors.

El *Grup Investigador Pediàtric de Malalties Oculars* (2009), en una mostra de nens miops, va utilitzar els mètodes Nott, MEM i autorefractòmetre amb equivalent esfèric. En aquest estudi la diferència entre el Nott i el MEM era de 0,12DE similar al nostre de 0,11DE. Al analitzar els resultats de l'autorefractòmetre van trobar que aquest mètode proporciona resultats més elevats (entre +0,25 i +0,50DE) que els basats en retinoscòpia; aquests resultats també concorden amb els nostres.

Cacho et al. (1999) en el seu estudi comparaven els resultats en la mesura del retard acomodatiu entre els mètodes Nott i MEM. La seva mostra d'estudi era de característiques similars a la nostra. Ells va trobar un valor del retard de +0,42DE amb el Nott i de +0,94DE amb el MEM. A més a més de l'anàlisi de correlació entre els dos mètodes troben que els resultats amb el mètode Nott és la meitat de l'obtingut amb el mètode MEM. Aquests resultats no concorden amb els nostres en que no trobem tantes diferències entre el Nott ($0,40 \pm 0,25$) i el MEM ($0,51 \pm 0,36$). Aquesta diferència entre els resultats podria ser deguda a diferències en la metodologia emprada ja que nosaltres hem fet les proves en ordre aleatori i *Cacho et al.* sempre realitzaven primer el Nott per tal d'evitar que hi hagués una alteració de la resposta acomodativa deguda a la inserció de lents esfèriques.

AlMubrad i Ogbuehi (2006) van realitzar un estudi en una mostra entre 18 i 30 anys per comparar els resultats al utilitzar les tècniques del Nott i el MEM a l'hora de determinar el retard acomodatiu. Els autors van concloure que la diferència entre mètodes és de $0,01 \pm 0,13$ DE amb una $p > 0,05$. Van considerar que els resultats que s'obtenien per ambdós mètodes són intercanviables de la mateixa manera que s'ha pogut concloure en el nostre estudi.

Comparant els resultats de l'estudi de McClelland i Saunders (2003) amb els nostres s'observa una diferència força remarcable ja que segons el seu estudi la tècnica retinoscòpica Nott presenta bona concordança amb els resultats de l'autorefractòmetre de camp obert, fet que no es compleix en el nostre estudi; un dels motius pels quals hi ha aquesta diferència és el rang d'edats utilitzat ja que en el seu estudi era de 6 a 43 anys i en el nostre de 18 a 25 anys; una altra diferència important en la metodologia era que en el seu estudi els estímuls eren de 4DE, 6DE i 10DE i per contra en el

nostre era de 2,5DE. En canvi, hi ha una similitud entre ambdós estudis i és que en tots dos es demostra que la tècnica de retinoscòpia dinàmica Nott és vàlida i repetible per mesurar la funció acomodativa dels pacients.

Antona i col·laboradors (2009) van realitzar un estudi, en una mostra d'estudiants entre 18 i 32 anys, per determinar la concordança entre els diferents mètodes de mesura del retard acomodatiu. Van utilitzar el mètode Nott, el MEM, els cilindres creuats i l'autorefractòmetre de camp obert (Shin-Nippon SRW-5000) amb equivalent esfèric. Els resultats que van obtenir són lleugerament diferents als nostres ja que troben un valor de retard amb el mètode Nott de $+0,83 \pm 0,34\text{DE}$ (més positiu que el nostre, $+0,40 \pm 0,25\text{DE}$) i amb el MEM de $+0,63 \pm 0,5\text{DE}$ (una mica més positiu que el nostre, $+0,51 \pm 0,36\text{DE}$). Amb l'autorefractòmetre troben un valor de $+0,95 \pm 0,40\text{DE}$ amb la mateixa tendència que nosaltres a resultats elevats amb aquesta tècnica (nosaltres de $+0,75 \pm 0,66\text{DE}$). Els autors conclouen que la concordança entre mètodes és pobre i que els resultats obtinguts fan que els mètodes no siguin intercanviables.

Rosenfield et al. (1996) van concloure que les dues tècniques de retinoscòpia dinàmica (MEM i Nott) entre elles són les que presenten una diferència més petita de resultats ($\pm 0,48\text{DE}$), de la mateixa manera que s'ha observat en aquest estudi. Comparant aquestes dues tècniques amb el resultat de l'autorefractòmetre d'infraroig de camp obert sota condicions binoculars van concloure que la que millor concordava amb aquest mètode objectiu era el Nott ($\pm 0,65\text{DE}$) en comparació del resultat de $\pm 0,91\text{DE}$ del MEM; en el nostre cas, tot i que s'han estudiat els valors obtinguts a partir de l'esfera i a partir de l'equivalent esfèric, es pot afirmar que el menys diferències presenta respecte l'autorefractòmetre és el MEM ja que amb aquest les diferències són de $\pm 0,66\text{DE}$ a partir del WAM amb esfera i de $\pm 0,15\text{DE}$ amb el WAM equivalent esfèric i en canvi amb el Nott són de $\pm 0,78\text{DE}$ i $\pm 0,26\text{DE}$ respectivament.

6.2- Repetibilitat de la tècnica

A l'hora de valorar la repetibilitat entre examinadors, en aquest estudi s'ha observat que aquesta repetibilitat és molt bona per a les tècniques del Nott i el MEM; les diferències entre els dos examinadors que van realitzar les proves són de $0,15\text{DE}$ ($p=0,82$) per al Nott i de $0,18\text{DE}$ ($p=0,56$) en el cas del MEM; aquest resultat signifiquen que en el cas que diferents examinadors realitzin les mateixes proves, seguint la mateixa metodologia, els resultats seran similars i per tant, la participació d'un examinador o un altre no farà variar els resultats de la prova.

Pel que fa a la repetibilitat intra-subjectes, les diferències entre la primera i la segona sessió en cap cas superen les 0,1DE (Nott 0,056DE, $p=0,96$; MEM 0,058DE, $p=0,80$; autorefractòmetre amb esfera 0,059DE, $p=0,81$ i autorefractòmetre amb equivalent esfèric 0,049DE, $p=0,85$). Aquest resultats signifiquen que per a un mateix pacient no influirà el dia en què es faci la mesura, ja que les diferències entre sessions no són ni estadísticament ni clínicament significatives.

A continuació passarem a analitzar els resultats de la repetibilitat de la tècnica del nostre estudi amb altres autors.

AlMubrad i Ogbuehi (2006) van realitzar un estudi en una mostra de pacients entre 18 i 30 anys i van estudiar els resultats obtinguts en realitzar dues mesures en dies diferents del mètode Nott i del MEM. Per al Nott van obtenir una diferència mitjana entre sessions de $0,01DE \pm 0,1DE$ similar al que vam trobar nosaltres en aquest estudi (diferència entre sessions de 0,056DE) i de $0,002DE \pm 0,11DE$ per al MEM (les diferències en aquest estudi van ser de 0,058DE). Tot i que les diferències en el nostre estudi són una mica superiors a les que van obtenir *AlMubrad i Ogbuehi*, en tots dos casos no són unes diferències significatives ni estadísticament ni clínicament; per tant, tots dos estudis confirmen que el fet de realitzar les mesures un dia o un altre no influeixen en el valor del retard acomodatiu.

Antona et al. (2009) van realitzar un estudi en pacients entre 18 i 32 anys i van voler estudiar la repetibilitat intra-subjectes ja que van realitzar la mesura dels mètodes Nott, MEM, cilindres creuats i autorefractòmetre en dues sessions diferents. Entre les dues sessions realitzades van arribar a la conclusió que la repetibilitat era molt bona ja que les diferències eren properes a 0 amb una desviació estàndard de $\pm 1,96DE$ (diferències de $-0,10 \pm 0,33$ per al Nott; de $-0,23 \pm 0,50$ per al MEM i de $-0,12 \pm 0,42$ per a l'autorefractòmetre). Al comparar aquests resultats amb els obtinguts en el nostre estudi, s'observa que són similars i que per tant, en tots dos s'arriba a la conclusió que la repetibilitat intra-subjectes és molt bona.

McClelland i Saunders (2003) van realitzar un estudi amb algunes característiques diferents a les del nostre estudi com és el rang d'edat, el seu era de 6 a 43 anys i el nostre de 18 a 25 anys i també la distància en la mesura de les proves, i la distància de mesura ja que ells van realitzar les mesures a 10cm, 16cm i a 25 cm i en canvi nosaltres ho vam fer a 40cm. Tot i això al comparar els resultats obtinguts en una sessió respecte els obtinguts en l'altra, aquests autors van arribar a la conclusió que per a totes les distàncies realitzades les diferències entre sessions eren mínimes, de la

mateixa manera que nosaltres hem pogut comprovar en el nostre estudi en una distància concreta.

7. CONCLUSIONS

En aquest apartat es sintetitzen les conclusions més importants a les que s'ha arribat després del tractament de dades i l'obtenció de resultats, tant des del punt de vista estadístic com clínic i després de relacionar els resultats amb altres estudis.

- El MEM i el Nott donen resultats molt similars en la mesura del retard acomodatiu a 40cm; no s'obtenen diferències clíniques ni estadísticament significatives i presenten una molt bona correlació i per tant, són dos mètodes que es poden intercanviar clínicament. A més es pot afirmar que aquest dos mètodes són molt fiables per a la mesura del retard acomodatiu en la pràctica clínica.
- Amb l'autorefractòmetre la correlació entre el WAM esfera i el WAM equivalent esfèric és molt bona, però la magnitud del retard és diferent ja que el valor amb esfera és més positiu que amb l'equivalent esfèric perquè en aquest segon cas es treballa amb cilindre negatiu.
- Els resultats del retard acomodatiu amb l'autorefractòmetre WAM se semblen més als mètodes retinoscòpics si el calculem amb l'equivalent esfèric. Considerem que l'equivalent esfèric és millor mètode que si tant sols calculem el retard amb el valor de l'esfera.
- Quan s'utilitza un autorefractòmetre de camp obert per determinar el retard acomodatiu, els resultats són significativament diferents que quan s'utilitza la retinoscòpia habitual. Hem observat que quan s'utilitza l'autorefractòmetre amb equivalent esfèric s'obtenen resultats 0,25D més positius que amb els mètodes Nott i MEM. A més a més la correlació entre els mètodes de l'autorefractòmetre i els retinoscòpics és molt baixa, per tant, els resultats clínics amb les tècniques de retinoscòpia no es poden comparar amb els de l'autorefractòmetre.
- Els resultats del retard acomodatiu amb els mètodes Nott i MEM no varien quan el valoren examinadors diferents, sempre i quan la metodologia i l'entorn de la prova siguin els mateixos.
- Els resultats del retard acomodatiu amb el Nott, el MEM i l'autorefractòmetre mostren estabilitat al examinar-se en dies diferents sempre i quan la metodologia i l'entorn de la prova siguin els mateixos.

8. BIBLIOGRAFIA

1. **AlMubrad, T., Ogbuehi, K.C.** (2006). *Nott and MEM dynamic retinoscopy: Can they be used interchangeably?*. Arch Med Sci ; 2, 2:85-89.
2. **Antona, B.** (2010). *Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular*. (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2010).
3. **Antona, B., Sanchez. I., Barrio. A., Barra. F., Gonzalez. E.** (2009). *Intra-examiner repeatability and agreement in accommodative response measurements*. Ophtal. Physiol. Opt. 2009 29:606-614.
4. **Boyd, J., Amos, J.F., Barlett. J.D.** (1991). *Clinical Procedures in Optometry*. J.B.Lippincott Company. Part 5, 677-687.
5. **BIB Ophthalmic Instrument.** *Grand Seiko WAM-5500 Auto Refractor/keratometer*. Recuperat de: <https://www.bibonline.co.uk/products/grand-seiko-wam-5500-auto-refractor-keratometer> el dia 18/04/2016.
6. **Borràs, M.R., Castañé, M., Ondategui, J.C., Pachecho, M., Peris, E., Sánchez, E., Varón, C.** (1999). *Optometría. Manual de exámenes clínicos* (3ª ed.). Barcelona: Edicions UPC. Capítol 9, 209-218.
7. **Cacho, M.P.** (1999). *Comparison Between MEM and Nott Dynamic Retinoscopy*. Optometry and Vision Science. Vol 76, Nº 9.
8. **Charman, W.N., Tucker, J.** (1977). *Dependence of accommodation response on the spatial frequency spectrum of the observed object*. Vision Res. Vol 17, pp 129 to 139.
9. Declaración de Helsinki de la asociación médica mundial. (2008). Madrid.
10. **Edwards, K., Llewellyn, R.** (1993). *Optometría*. Barcelona: Ediciones Científicas y Técnicas. Capítol 10, 155-160.
11. **Equipo de redacción de IQB.** (2005). *Fichas oftalmológicas. Fosfenos*. Recuperat de: <http://www.iqb.es/oftalmologia/fichas/ficha001.htm> el dia 09/02/2016.
12. **Felipe. A.** *Óptica fisiológica. Tema V: Acomodación*. Recuperat de: <http://www.uv.es/afelipe/Temasof/tema5.pdf> el dia 08/02/2016.
13. **Grosvenor, T.** (2004). *Optometría de atención primaria*. Barcelona: Editorial Masson. Capítol 1, 7-10 i capítol 4, 105-107.

14. **Grup Investigador Pediàtric de Malalties oculars** (2009). *Accommodative lag by autorefraction and two dynamic retinoscopy methods*. Optometry and Vision Science, Vol. 86, nº3, Març 2009.
15. **Lang, G.K.** (2006). *Oftalmología. Texto y atlas en color* (2ª ed.). Editorial Elsevier-Masson. Capítol 16, 430-433.
16. **Martín, R., Vecilla, G.** (2011). *Manual de optometría*. Madrid: Editorial médica panamericana. Capítol 5 i capítol 27.
17. **Martínez, E.** (2014). *Tu terapia visual. El blog de Eva*. Recuperat de: <http://tuterapiavisual.com/problemas-acomodativos/> el dia 16/02/2016.
18. **Martinez, J.** (2011). *Equivalente esférico, ¿qué es y cómo se calcula?* Q visión. Recuperat de <http://www.qvision.es/blogs/javier-martinez/2011/11/11/equivalente-esferico-%C2%BFque-es-y-como-se-calcula/> el dia 02/05/2016.
19. **McClelland, J.F., Saunders, K.J.** (2003). *The repeatability and validity of dynamic retinoscopy in assessing the accommodative response*. Ophtal. Physiol. Opt. 2003: 243-250.
20. **Mordi, J.A., Ciuffreda, K.J.** (2004). *Dynamic aspects of accommodation: age and presbyopia*. Vision Research 44 (2004) 591-601.
21. **Pelayo, E., Molina, E., Jornet, A.** (1998). *Acomodación y vergencia. Interdependencias y alteraciones*. Madrid: Editorial Sociedad Española de Optometría: 15-29.
22. **Richman, J.E., Cron, M.T.** (1988). *Guía de terapia visual*. South Bend, Indiana: Bernell: 8-14
23. **Rodriguez, L.** (2011). *Estudio del mecanismo de acomodación en la miopía*. (Trabajo final de máster, Máster universitario en optometría y ciencias de la visión. Universidad politécnica de Cataluña, 2011).
24. **Scheiman, M.** (1995). *Diagnóstico y tratamiento de los desórdenes oculomotores, de la acomodación y de la visión binocular no estrábica*.
25. **Schor, C.** (1999). *The influence of interactions between accommodation and convergence on the lag of accommodation*. Ophtal. Physiol. Opt. 19, 134-150.
26. **Vazquez, J.M.** *Autorefractómetros*. Capítulo 5.
27. **Vila, N.** (2013). *Acomodació*. (Apunts de l'assignatura procediments clínics en l'optometria, Facultat d'òptica i optometria de Terrassa, 2013).

ANNEX 1: Consentiment informat

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este estudio tiene como principal objetivo valorar el efecto de las lentes positivas y negativas, prismas, lentes cromáticas y el efecto del contraste y color del fondo sobre la motilidad ocular durante la lectura y la concordancia y repetibilidad de la medida del retardo acomodativo.

La participación en este estudio se divide en 2 sesiones, que se realizarán en el centro GAIA y que consisten en lo siguiente:

- Lectura de diversos textos del libro "*La noia del tren*" a través de diferentes lentes y prismas para evaluar la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink*. Posteriormente, se realizarán preguntas sobre los textos para comprobar la comprensión lectora del sujeto en estudio.
- Evaluación de la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink* con 3 contrastes y colores diferentes para pantalla y texto
- Evaluación del retardo acomodativo mediante el autorefractómetro *Seiko Wam*, se realizarán 3 medidas en visión lejana y visión próxima, con la anteposición de las diferentes lentes y prismas.
- Pruebas de MEM y Nott en ambos ojos.
- Evaluación de la respuesta de vergencias mediante el prototipo EVA, con la anteposición de las diferentes lentes y prismas.

Las pruebas serán realizadas por optometristas en horario de mañana y tarde.

Asimismo, es preciso firmar el presente documento:

Yo,.....con DNI....., autorizo a Txus Gascón, Anna León, Ainhoa Castellarnau, Helena Blanch y Lidia Mullor a que me realicen las pruebas necesarias para el correcto desarrollo del estudio, y doy mi constancia de que he sido debidamente informado previamente a mi participación.

Firma

Terrassa,.....de..... de 2015

ANNEX 2: Full d’ anotació de resultats

MODEL 1

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
Nott	UD		
	UE		
MEM	UD		
	UE		
WAM	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 2

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
Nott	UE		
	UD		
MEM	UD		
	UE		
WAM	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
MEM	UD		
	UE		
Nott	UD		
	UE		
WAM	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
MEM	UE		
	UD		
Nott	UE		
	UD		
WAM	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 5

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
WAM	UD		
	UE		
Nott	UD		
	UE		
Mem	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 6

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
WAM	UE		
	UD		
MEM	UE		
	UD		
Nott	UE		
	UD		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 7

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
Nott	UD		
	UE		
MEM	UE		
	UD		
WAM	UE		
	UD		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 8

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
Nott	UD		
	UE		
WAM	UD		
	UE		
MEM	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 9

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
MEM	UD		
	UE		
WAM	UE		
	UD		
Nott	UD		
	UE		

Nom del pacient:

Nº identificador (ID):

MODEL 10

Dia:

Examinador:

Sessió:

Edat:

		cm	D
WAM	UD		
	UE		
Nott	UE		
	UD		
MEM	UE		
	UD		

